



EESTI MAAÜLIKOOL  
Tartu Tehnikakolledž

**Kristjan Metsis**

**KAUGJUHTAV SPEEDWAY AJANÄITAMISE SÜSTEEM**  
**LONG DISTANTS SPEEDWAY TIMESHOWING SYSTEM**

Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö  
Tehnotroonika

Juhendaja: lektor Janar Kalder, *MSc*

Tartu 2018

# LÜHIKOKKUVÕTE

Eesti Maaülikool		Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		lühikokkuvõte	
Autor: Kristjan Metsis		Õppekava: Tehnotroonika	
Pealkiri: Kaugjuhitav Speedway ajanäitamise süsteem			
Lehekülgi: 66	Jooniseid: 19	Tabeleid: 2	Lisasid: 5
Osakond: Tehnikakolledž			
Uurimisvaldkond: Projekt			
Juhendaja(d): Janar Kalder			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2018			
Antud töö eesmärk oli projekteerida kaugjuhitav ajanäitamise süsteem Speedway võistluste tarbeks. Seade koosneb kahest osast – pult ja ekraan. Seadmed peavad suhtlema omavahel raadiosageduse kaudu. Töö käigus tegi autor turu-uuringu, püstitas tellijaga nõuded, projekteeris seadme, kirjutas seadmetele tarkavara ning testis. Autor ehitas valmis osalise prototüübi.			
Märksõnad: Ajanäitamise süsteem, kaugjuhitav, raadiosagedusel suhtlemine			

# ABSTRACT

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's / Bachelor's Thesis	
Author: Kristjan Metsis		Speciality: Technotronics	
Title: Long distant Speedway timeshowing system			
Pages: 66	Figures: 19	Tables: 2	Appendixes: 5
Department: College of technology Field of research: Project Supervisors: Janar Kalder Place and date: Tartu, 2018			
The aim of this thesis was to design and long distance timeshowing system for Speedway competitions. Project is in two parts – remote and display, which communicate each other in radio frequency. The thesis starts from with feeders market survey, setting demands with costumer, designing, testing the prototype and writing software code.			
Keywords: Timeshowing system, long distance, communicating in radio frequency			

# SISUKORD

<b>LÜHIKOKKUVÕTE .....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>MÕISTED JA LÜHENDID .....</b>	<b>6</b>
<b>SISSEJUHATUS.....</b>	<b>7</b>
<b>1    SPEEDWAY MOTOSPORT .....</b>	<b>8</b>
1.1   SPORDIALA LÜHITUTVUSTUS .....	8
1.2   MASINATE ÜLESEHITUS .....	8
1.3   VÕISTLUS .....	9
<b>2    TEOREETILINE OSA .....</b>	<b>10</b>
2.1   KONTSEPTSIOON.....	10
2.2   NÕUETE MÄÄRATLEMINE .....	11
2.2.1   Juhtpuldi nõuded .....	11
2.2.2   Ekraani nõuded .....	11
2.3   ALTERNATIIVSED SEADMED .....	12
2.3.1   Valmis seadmed.....	12
2.3.2   Prototüüp moodulitest .....	13
<b>3    KOMPONENTIDE VALIK JA HIND .....</b>	<b>14</b>
3.1   PÕHIKOMPONENDID .....	14
3.1.1   Atmega32U4-AU .....	14
3.1.2   Tabloo 16x32 punkti.....	15
3.1.3   NRF raadiosagedusmoodulid .....	16
3.1.4   LDO Voltage Regulator.....	17
3.1.5   Alalispingemuundur .....	17
3.2   ELEKTROONIKA KOMPONENTIDE HINNAD .....	18
<b>4    JUHTPULDI VALMISTAMINE.....</b>	<b>19</b>
4.1   JUHTPULDI SKEEM EAGLE KESKKONNAS .....	19
4.2   JUHTPULDI BOARD EAGLE KESKKONNAS .....	21

<b>5</b>	<b>EKRAANI PLAADI VALMISTAMINE.....</b>	<b>22</b>
5.1	EKRAANI SKEEM EAGLE KESKKONNAS .....	22
5.2	EKRAANI BOARD EAGLE KESKKONNAS .....	24
<b>6</b>	<b>VALMIS TRÜKKPLAADID .....</b>	<b>25</b>
6.1	PULDI TRÜKKPLAAT .....	25
6.2	EKRAANI TRÜKKPLAAT .....	26
<b>7</b>	<b>KORPUSE DISAIN.....</b>	<b>27</b>
7.1	JUHTPULDI KORPUS .....	27
7.1.1	Tehnika ja materjal .....	27
7.1.2	Projekteerimine.....	27
7.2	EKRAANI KORPUS .....	28
7.2.1	Materjal ja tehnika .....	28
7.2.2	Projekteerimine.....	29
<b>8</b>	<b>PROGRAMMEERIMINE.....</b>	<b>30</b>
	<b>KOKKUVÕTE .....</b>	<b>32</b>
	<b>KIRJANDUSE LOETELU.....</b>	<b>34</b>
	<b>LISAD.....</b>	<b>36</b>
	<b>LISA A.....</b>	<b>37</b>
	<b>LISA B .....</b>	<b>43</b>
	<b>LISA C.....</b>	<b>49</b>
	<b>LISA D.....</b>	<b>54</b>
	<b>LISA E .....</b>	<b>59</b>
	<b>LIHTLITSENTS.....</b>	<b>65</b>

## MÕISTED JA LÜHENDID

C	-	Kondensaator
CLK	-	<i>Clock</i> , signaal aja näitamiseks
D-	-	USB viik <i>Data-</i>
D+	-	USB viik <i>Data+</i>
GND	-	Maandus
LED	-	<i>Light-Emitting Diode</i> , eesti keeles valgust kiirgav diod
PLA	-	<i>Poly lactide</i> , bioplastik 3D printeri jaoks
R	-	Takisti
SHDN	-	<i>Shutdown</i> , välja lülitama
USB	-	<i>Universal Serial Bus</i> , universaalne järjestiksiin
Vbus	-	USB toide
Vin	-	Sisendviik, toide trükkplaadile
Vout	-	Väljundviik

## Sissejuhatus

Lõputöö teemaks valiti „Kaugjuhitav *Speedway* ajanäitamise süsteem“, mis hõlmab endas nii füüsiliselt valmishitatud seadet kui ka kirjalikku dokumentatsiooni selle ehitusest. Teema valik tuli praktilisest vajadusest, mis tagaks võistluste lihtsama läbiviimise ning noorte harjutamise suurvõistlustele vastavas formaadis. Antud projekt on tehtud koostöös Ranna *Speedway*’ga, täpsemalt kooskõlas Jaak Soolepiga, kes on Ranna *Speedway* omanik ja suurim spordiala edendaja Eestis. Jaak alustas Ranna *Speedway* kompleksi ehitamisega juba aastal 1999, ning veab seda edukalt tänasepäevani [1].

Mõeldes võistluste läbiviimisele ja noorte talentide varajasele koolitamisele õigest formaadist kinni pidama, soovis Jaak tellida aja näitamise süsteemi. Enda süsteemi omamine annab hoida kulusid väiksemana, kuna süsteemi ostmine või rentimine on äärmiselt aeganõudev ja kulukas.

Käesoleva projekti eesmärk on valmis ehitada ajanäitamise süsteem, mis täidaks soovitud nõudmise.

Eesmärgi saavutamiseks seati ülesanded:

1. Teoreetilise poole kirjeldamine;
2. Nõuete kooskõlastamine;
3. Konseptsiooni kokkupanek;
4. Projekteerida trükkplaadid;
5. Projekteerida korpused;
6. Programmeerida;
7. Testida.

# **1 *Speedway* motosport**

## **1.1 Spordiala lühitutvustus**

Speedway on spordiala, kus võistlevad omavahel korraga neli võistlejat neljal ringil päripäevases suunas. Raja pikkus on 260 kuni 465 meetrit pikk, vastavalt raja ülesehitusele. Rada on iseloomult lame ning seal puuduvad igasugused takistused. Ainukene eesmärk on läbida rada kiiremini kui teised. Seda tehakse kruusasel rajal ning suurte kiiruste juures. Sirgetel võivad tsiklid ületada 100 km/h piiri, ning kurvides hoo raugemine ei ole väga suur [2]. Seetõttu sõidetakse mootorrattaga kurve külge ees, mis on samuti väga vaatamänguline nähtus.

## **1.2 Masinate ülesehitus**

Masinate ülesehitus on tehtud vastavalt spordialale. Masinad on ehitatud võimalikult minimalistlikud ning kerged. Tegemist on ratastega, millel on kütusepaak, kaks ratast, gaas ja sidur. Sellega kogu ratas piirdubki. Käike on neil ainult üks, mis on alati sees ning ainuke võimalus on kohapeal seista sidur alla vajutatult või parempoolse jalatoe peale toetudes. Samuti puuduvad masinal pidurid ja muud erinevad vidinad, mida inimesed on harjunud mootorrataste küljes nägema. Lenkstang ja selle pööramisraadius on äärmiselt lai, et saaks vajadusel ennast järsult sõidu ajal korrigeerida. Masinate kütusena kasutatakse metanooli.



### 1.3 Võistlus

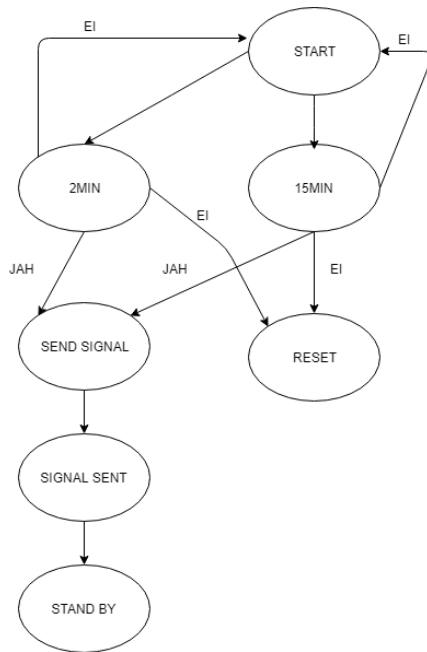
Iga sõit kestab neli ringi, ning vastavalt kohale saab iga sõidu lõppedes punkte. Punkte jagatakse süsteemis 3-2-1-0. Kes võistluse lõpuks kogub kõige rohkem punkte, on võitnud. Enne igat starti on kohustus võistlejatel koguneda boksi alale ning oodata peakohtuniku poolt antavat luba rajale tulekuks. Kohtuniku lubava märguande peale hakkab aja näitamise süsteem lugema aega kahe minuti pealt nulli. Kes selleks ajaks pole jõudnud stardijoonele, on sõidust automaatselt kõrvaldatud. Selline süsteem on kasutusele võetud võrdsuse printsiibil. Sellisel juhul on enne igat starti kõigil võrdne aeg jõuda stardijoonele ning erinevad vaidlused jäävad ära.

Teine aeg, mida süsteem kuvab, on paus ja rajahoolduse jaoks mõeldud. Selle pikkuseks on määratud 15 minutit. See on mõeldud pealtvaatajatele nägemaks kaua neil on vahepeal vaba aega enne järgmise vooru algamist. Selline 15 minutit süsteem lisati Ranna Speedway poolt, et oleks võistlustel pausid arusaadavamad.

## 2 Teoreetiline osa

### 2.1 Kontseptsioon

Aja näitamise süsteemi ülesandeks on edastada juhtpuldi käsu peale ekraanile õige aja nulli jooksmine. Ekraan on üles seatud Speedway võistlusraja boksi alale ning juhtpult on võistluste peakohtuniku käes.



**Joonis 1.** Juhtpuldi plokk skeem

Juhtpuldi ülesandeks on saata õige aja signaal edasi ekraanile, mis omakorda signaali muudab vastavaks ajaks. Signaale, mis juhtpult saadab on kolm:

1. Kahe minuti režiim: juhtpuldi peal nuppu vajutades peab ekraanil hakkama aeg jooksmas kahest minutist nulli (joonis 1);
2. 15 minuti režiim: kogu tööpõhimõte on eelneva režiimiga sama, ainus erinevus on aja pikkuses, mis seekord on 15 minuti pealt nulli (joonis 1);
3. *Reset* nupp. Kui kohtunik on vajutanud valet nuppu või mõnel muul põhjusel ei ole vaja ekraanil kuvatavat infot, saab kohtunik vajutada seda nuppu ning ekraan läheb mustaks, kõik eelnevad töökäskud ekraanile on tühistatud (joonis 1).

## **2.2 Nõuete määratlemine**

### **2.2.1 Juhtpuldi nõuded**

Töö autor ja koostööpartner, Ranna *Speedway* üks eestvedajatest Jaak Soolep, määrasid juhtpuldile vajalikud nõuded, millest oleks võimalik edaspidi lähtuda :

1. Pult peab olema disainilt ergonoomiline ja kasutajasõbralik;
2. Kuna tegemist on välitingimustes töötava seadmega, siis on nõutav vee ja tolmukindlus IP standardi kohaselt tasemeni IP63 [3];
3. Pult peab olema juhtmevaba, et kohtunik saaks liikuda piiranguteta ringi;
4. Kerge ja arusaadav ülesehitus;
5. Nupule vajutusest peab tagasisidet andma LED valgusti;
6. Signaal peab levima kuni 100 meetrit.

### **2.2.2 Ekraani nõuded**

Töö autor ja koostööpartner määrasid ekraani vajalikud nõuded, millest oleks võimalik edaspidi lähtuda :

1. Ekraan peab olema nähtav vähemalt 40 meetri kauguselt;
2. Suutlikus lugeda signaali kuni 100 meetri kauguselt;
3. Kuna tegemist on välitingimustes töötava seadmega, siis on nõutav vee ja tolmukindlus IP standardi kohaselt tasemeni IP63 [3];

4. Tugev ja põrutuskindel korpus;
5. Riputuskonksu ja tugijalgade võimalik olemasolu.

## **2.3 Alternatiivsed seadmed**

### **2.3.1 Valmis seadmed**

Tänapäeva tehnoloogiliste võimaluste juures pakutakse aina enam ja enam täislahendusi. Selline süsteem moodustub mitmest erinevast ajavõtu süsteemist, ekraanidest, tarkvaralisest poolest ja paljust muust. Ühesõnaga renditakse või müüakse süsteeme, mis teeb ära kõik võistlusel vajaliku. Selliseid teenuseid pakutakse nii Eestis kui ka välismaal. Suurimad firmad, mis tegelevad selliste süsteemidega on *Tag Heuer* ning *Ananimo Watches*. Need firmad teevad suurte motosportiüritustega nagu *Formula 1* ja *WRC ( World Rallycar Championship )*.

Eestis puudub sellise seadme valmistaja, enamasti on leida maaletoojaid. Tänapäeval on selliseid süsteeme võimalik välismaalt osta ka otse tootjalt, kuid sellised seadmete komplektid ei ole odavad, ning vajavad hinna tagasi teenimiseks igakuist kasutust. Speedway on aga ala, mis seda kahjuks endale lubada ei saa, kuna puudub inimeste poolne suur huvi. Samuti puuduvad kaugelt juhitud aja näitamise süsteemid.

Hinnapakkumistele sai autor tagasisidet kahest erinevast kohast – Oomipood ja Led Center. Siinkohal tuleb ära mainida, et hinnad ei ole proportsioonis kuna Led Center pakkus oma toodet koos toiteploki ja kontrolleri. Hinnad olid vastavalt 50 € ja 150 €. [4] [5]

### 2.3.2 Prototüüp moodulitest

Moodulitest prototüübi ehitamisel esineb erinevaid häid ning halbu külgi. Positiivseteks külgedeks peeti komponentide ühendamist *breadboardiga* ning vigade korral skeemis oleks lihtne asju parandada. Selline lahendus prototüübi tegemisel aitab vältida esimeste tellitud partiide valesti minemist ja suurt rahalist ja ajalist kahju. Olles komponendid tööle saanud ja seadme tegema seda, mis ette nähtud, saaks tellida vajalikud komponendid ja trükkplaadi juba töötavale seadmele.

**Tabel 1.** Prototüüpimiseks vajaminevad lisa seadmed

Komponent	Hind	Pood
Atmega32u4 arendusplaat [6]	34 €	Oomipood
Maketeerimislaud [7]	6,90 €	Oomipood
Maketeerimislauda juhtmete komplekt 65tk [8]	6,60 €	Oomipood
5 V to 3.3V step-down power supply [9]	1 € (koos saatmisega)	Banggood

Prototüüpimise miinuseks võib lugeda kulukust ja keerukust. Nimelt tuleks soetada endale kõik vajaminevad valmis moodulid ja muud komponendid nende moodulite ühendamiseks. Samuti ei saa prototüüpi kasutada valmis seadmena oma *breadboard*'i kehvade ja lahtiste ühenduste tõttu. Selline teguviis oleks antud projekti puhul autori eelarvet veelgi suurendanud 50 € võrra (tabel 1). Eelarves aga ei olnud sellist prototüüpimist ette nähtud ja seega autor välistas ühe etapi.

## 3 Komponentide valik ja hind

### 3.1 Põhikomponendid

#### 3.1.1 Atmega32U4-AU

Atmega32u4 valiti autori poolt varasema kokkupuute tõttu ning USB ühendamine on tehtud antud mikrokontrolleril lihtsamaks (joonis 2). Paljudel mikrokontrolleritel, nagu ka Atmega 328P, tuleb juurde soetada teine kontrolleri, mis aitaks ühildada seadmega. 32u4 puhul on vaja ühendada vaid D+ ja D- USB pistiku jalgade külge ning sellega asi piirdub. Samuti ühendades USB Vbus Atmega Vbus sisendiga, saab plaati toita samast kaablist. [10]

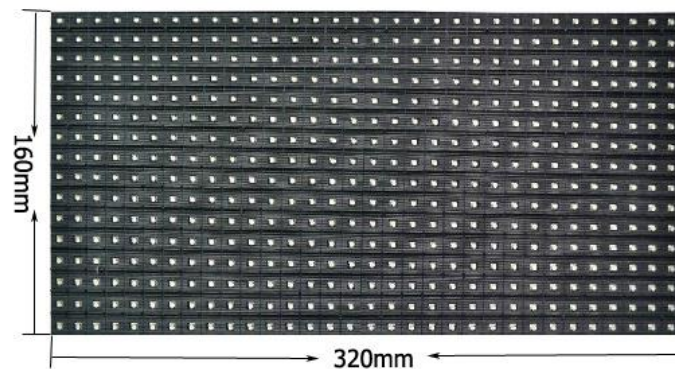


**Joonis 2.** Atmega32u4-au mikrokontrolleri visuaalne kujutis

Valikus mängis rolli ka autori varasem kokkupuude antud mikrokontrolleriga, mis lihtsustab kogu protsessi. Samuti kontrolleri odav hind ning lai kasutusvaldkond.

### 3.1.2 Tabloo 16x32 punkti

Tabloo puhul, mis autor ostis, sai otsustavaks koostööpartneri soov. Jaak ütles viimase sõna tabloo valikul, kuna see detail on kõigile alati nähtav ning tema soov oli selle valikul, et autor kooskõlastaks ostu temaga. See tabloo on piisavalt suur ning seega täidab ära kaugelt nähtavuse nõuded (joonis 3).

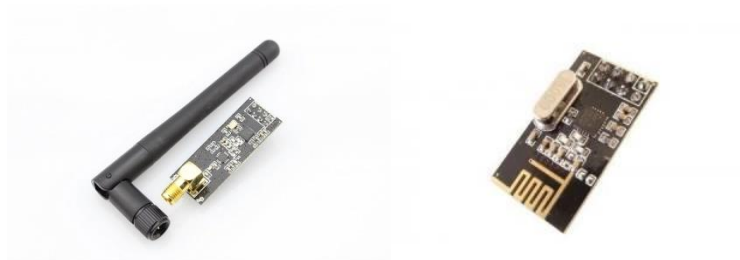


**Joonis 3.** LED tabloo 16x32 punkti

Seadme valikul mängis rolli ka tema lihtne kasutamine ning rohkete vajaminevate näpunäidetega kogulehekül. Autori pani muretsema tabloo suur voolutarve, milleks on kuni 4 A [11]. Läbi plaadi sellist vooluhulka lasta on äärmiselt kulukas ja riskantne, seega ühendas autor plaadile eraldi vooluallika ja *display* saab iseseisva vooluadapteri, et oleks olemas alati konstantne vool ning oht plaadi ülekuumenemisest kaob ka ära.

### 3.1.3 NRF raadiosagedusmoodulid

Saatja, mis asub pildi peal paremal (joonis 4), ühendatakse juhtpuldi külge. Antud detail osutus valituks oma väikese voolutarbe ja kaugeleulatuva signaali tõttu. Nimelt läheb see detail juhtpuldi külge, mis on patarei toitel, seega ei tohi komponendid tarbida palju voolu ning sellega kaasnevalt patarei eluiga vähendada märgatavalt. Antud seade võtab töötades vaid 15 mA voolu ning *stand by* režiimis kõigest 26  $\mu$ A. Signaali kauguseks on sellise väikese voolutarbe juures arvestatav vahemaa, milleks on 125 meetrit. [13]



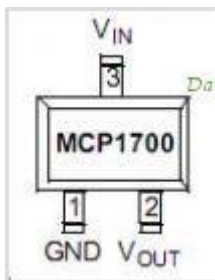
**Joonis 4.** NRF moodulid. Vasakul moodul koos antenni liidesega, paremal on lihtsalt NRF moodul [12]

Vastuvõtja, mis asub pildil vasakul pool (joonis 4), ühendatakse ekraani külge. Vastuvõtja valiti koos antenniga, mis peaks garanteerima korraliku signaali vastu võtmise kuni 100 meetri ulatuses [12]. Kuna vastuvõtja läheb plaadi külge, kus on vooluallikaks adapter, siis voolutarve selle komponendi puhul suurt rolli ei mänginud. Tähtsad aspektid olid ühilduvus saatjaga ning taskukohane hind.



### 3.1.4 LDO Voltage Regulator

LDO (*Low-dropout regulator*) tööpõhimõte on vähendada pinget soovitud 3,3V juurde. Kuna ekraani juures asetsev trükkplaat saab vooluallikast peale 5V ning vastuvõtja vajab töötamiseks 3,3V, tuleb pinget kuidagi alandada.

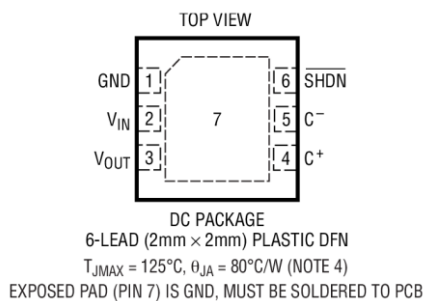


**Joonis 5.** LDO viigud

Autor võttis kasutusele selleks kolme viiguga LDO, mis tagab talle soovitud tulemuse. [14] Viiku 3 läheb sisendvoolu  $V_{in} = 5V$  ning väljundisse  $V_{out} = 3,3V$  (joonis 5).

### 3.1.5 Alalispingemuundur

Alalispingemuunduri ülesanne on vastand eelnevale LDO'le. Nimelt antud seade peab suutma teha väiksemast pingest vajaliku 3,3V. Seda mikrokiipi kasutab autor juhtpuldi juures, kus on kasutusel patarei. Nimelt kasutatava nööppatarei 2042 pinge on alguses 3,3V mis aga iga kasutamisega väheneb.



**Joonis 6.** Alalispingemuunduri viikude asetus

Kui pinget kuidagi ei kasvataks kiibi abiga, siis peaks autor vahetama patareisid väga tihti. Kuid pingemuundur aitab tal pikendada patarei eluiga ning sellega teha ka seade töökindlamaks. [15]

Mikrokiip hakkab tööle kui SHDN viik saab kõrge signaali, see paneb kiibi tööle ning laseb Vin viigust voolu sisse, ning välja saadab Vout viigust konstantse 3,3V (joonis 6).

### 3.2 Elektroonika komponentide hinnad

Hinnakirjast võib välja lugeda, et plaadi peale minevad üksikud komponendid on tänapäeval soodsad ning kergesti tellitavad ka eraisikul. Kõige kallimad autori poolt tellitud detailid olid NRF valmis moodul antenniga ning LED tabloo (tabel 2). Hind oli kallim, kuna mõlemad tooted olid juba töövalmis.

**Tabel 2.** Elektroonika komponentide hinnad

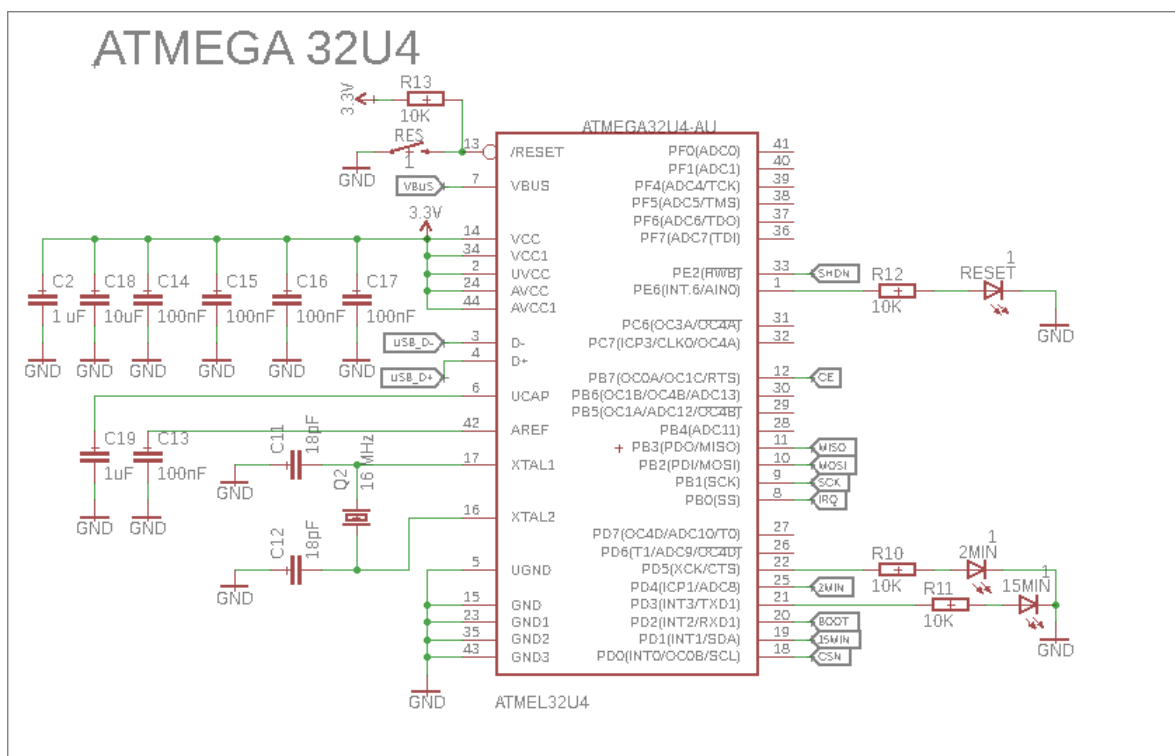
Komponendi nimi	Kogus, tk	Hind, €/tk
Atmega32u4	2	3,50
NRF24L01 moodul	1	3,15
NRF24L01+PA+LNA	1	14,40
Tabloo 16x32	1	44,10
SMD LED	5	0,17
Mini USB 2.0 type B	2	0,52
LDO	1	0,34
Tactile Switch	6	0,45
DC/DC Converter	1	3,46
Kristall, 16 MHz	2	0,19

Lisaks tasub välja tuua, et kui oleks autoril olnud mitu tellimust ja kaupa oleks ostetud korraga rohkem, saaks ühiku hinna märgatavalt väiksema. Kuid kuna tegu on prototüübiga, siis hind kajastub tabelis.

## 4 Juhtpuldi valmistamine

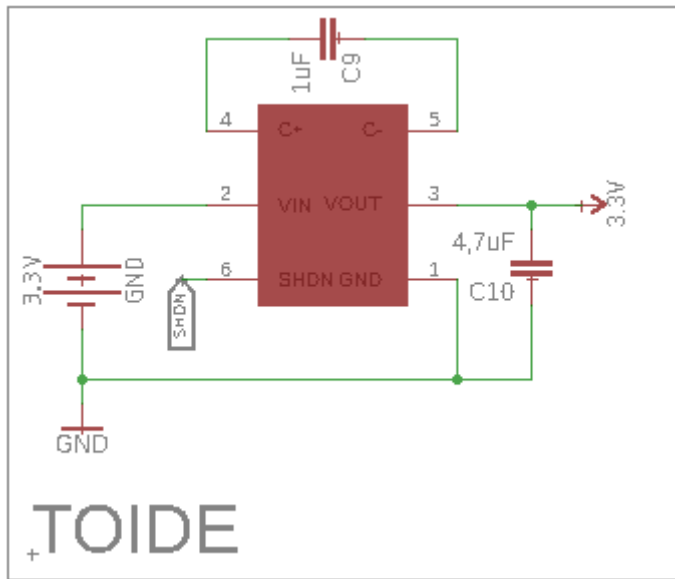
### 4.1 Juhtpuldi skeem *Eagle* keskkonnas

Juhtpuldi peamine ülesanne on antud töös kolme erineva signaali välja saatmine. Selleks kasutati Atmega32u4 mikrokontroller, mis suudab tööga hakkama saada. Alustades toitest, siis on kasutatud süsteemi, kus on olemas nii patarei kui USB ühendus. USB pandi autori poolt vaid andmete edastamiseks ja programmeerimiseks (LISA A).



**Joonis 7.** Atmega32u4 komponentidega ühendamine

Joonisel on näha kuidas kõik voolu sisendi viigud on ühendatud 3.3V toitepingega. Vbus on ühendatud aga viiguga Vbus, kuna see edastab USB kaudu ainult voolu kiibile, et seda oleks võimalik programmeerida. USB ühenduse saab viikude kaudu D+ ja D-. Paremale mikrokontrolleri poolele ühendati kolm erinevat LED'i ja nuppu. Lisaks ühendati sinna saatja. Kõik viigud ühendati selle nimega nagu saatja jalgade nimed on, et autor ei ajaks pärast midagi sassi (joonis 7).

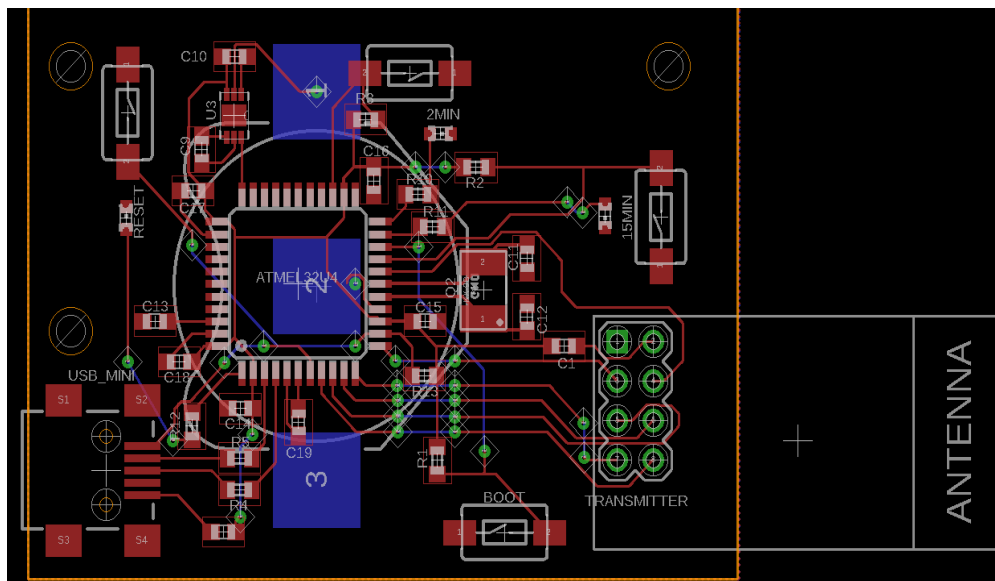


**Joonis 8.** Juhtpuldi toite skeem

Juhtpuldi toite skeem koosneb kahest komponendist (LISA A). Esimene komponent on patarei ning teine on alalispingemuundur. Patareiks valiti 2042 patarei tüüp, mida tuntakse ka teisisõnu nööppatarei nime all. Selle läbimõõt on 20 mm ning autor valis selle kujuga patarei, kuna see on õhuke ning täidab voolu vajaduse terves mahus ära. Kuna kasutades patarei pinget vähenes siis pingemuundur suudab väiksemat pingest hoolimata anda autori poolt nõutud 3.3V ilusti andmelehe järgi välja. [15]

## 4.2 Juhtpuldi *board Eagle* keskkonnas

Plaadi kujundamise suurimaks probleemiks autori poolt oli saada väikse ala peal nupud piisavalt eemale üksteisest, et ei tekiks vajutamise suuri komplikatsioone. Selle töö puhul, suutis autor panna nupud maksimaalse kauguse peale, milleks oli 10 mm (joonis 9). See ei ole väga kaugel üksteisest, kuid piisavalt kaugel segadusse ajamisest. Lisaks paneb autor korpuse peale nupud nimed ning LED valgustuse.



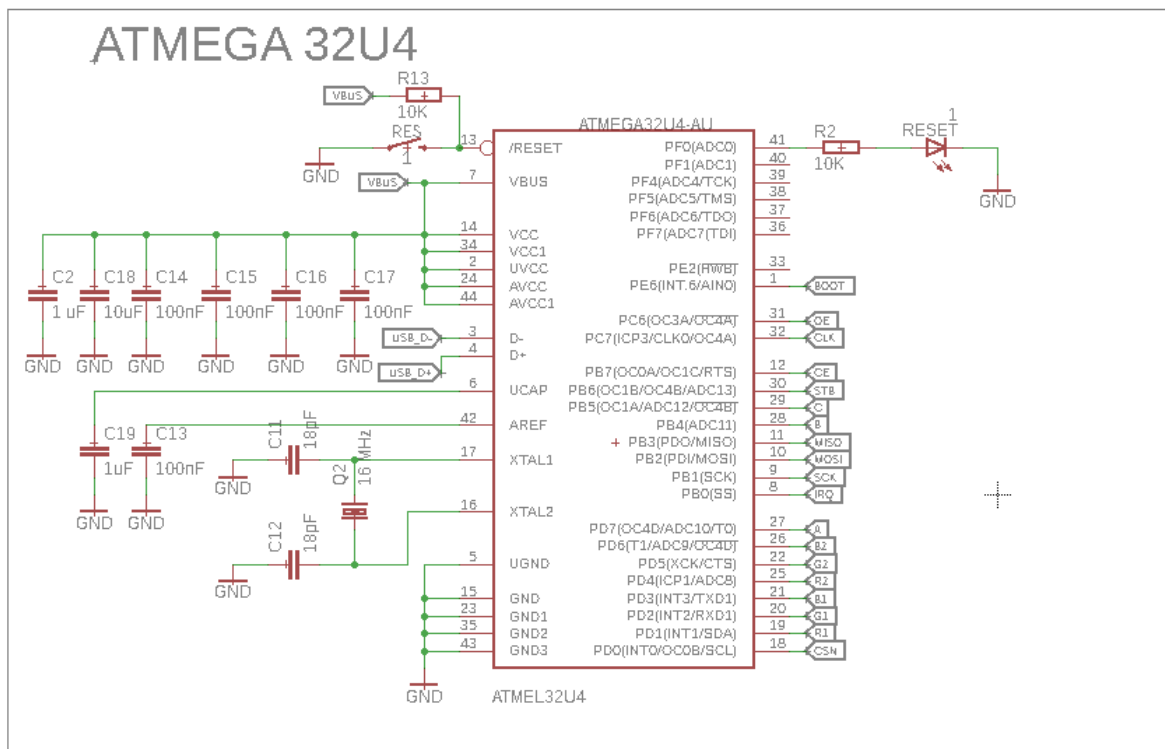
**Joonis 9.** Juhtpuldi *Eagle board* kujundus

Üks komponent erineb teistest värvi poolest, milleks on patarei hoidja. Erinevus on seetõttu, et hoidja on asetatud teisele poole plaati, ning sellest lähtuvalt on kujutatud teise värviga, milleks *Eagle* keskkonnas on sinine. *Top* – pealmine kiht (punane) ning *bottom* – alumine kiht (sinine).

## 5 Ekraani plaadi valmistamine

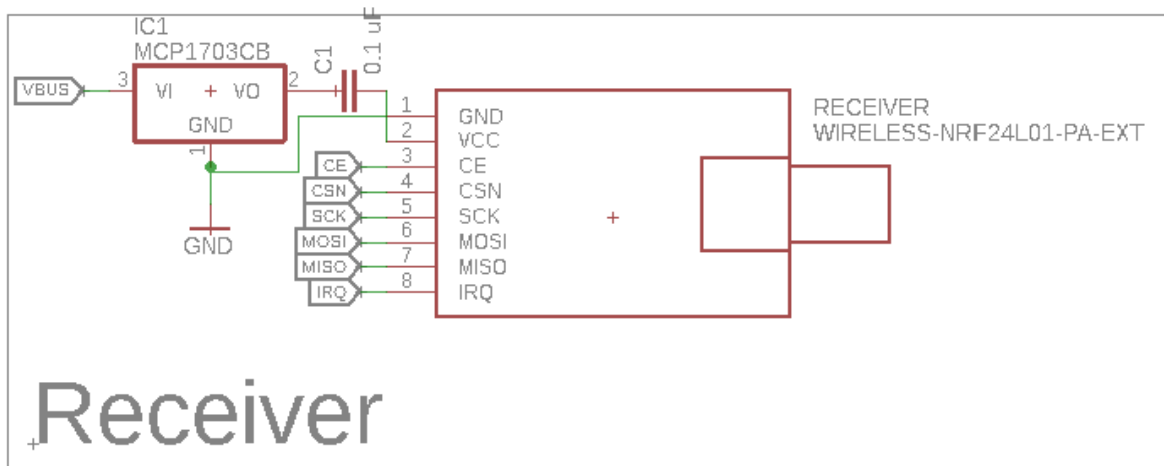
### 5.1 Ekraani skeem *Eagle* keskkonnas

Ekraani puhul tehti toite poolne skeem ümber sedasi, et USB pesast tulev vool toidaks ka ülejäänud plaadi ära. Seetõttu on kõik toite jalad ühendatud Vbus viiguga. Mikrokontrolleri parem pool on ühendatud kokku ekraani ja vastuvõtja jalgadega (joonis 10). Siin Atmega 328P poleks füüsiliselt toime tulnud nii suure arvu ühendustega, kuna tal on 12 jalga vähem kui seda on Atmega32u4'1 [16].



**Joonis 10.** Atmega32u4 kasutus tabloo skeemis

Lisaks pani autor juurde ühe LED'i, mis läheb põlema *reset* nuppu vajutades. Programmeerides on vaja vajutada *boot* ja *reset* nuppu, ning LED tuli tagab lihtsama arusaamise kas *reset* toimib ilusti või mitte (LISA B).

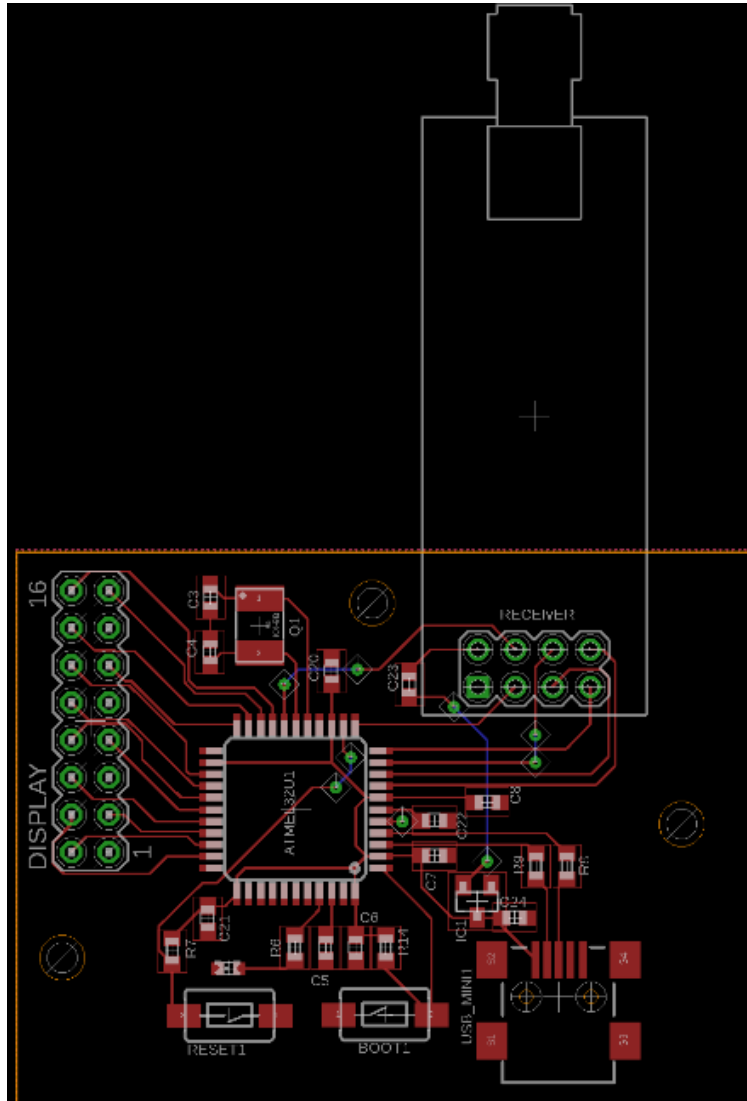


**Joonis 11.** Vastuvõtja skeem

Ekraani plaadile tuleb toide USB pesast, seega tuleb peale 5V. Vastuvõtja nominaalne pinge on 3,3V, seega lisas autor skeemi pingeregulaatori LDO, mis alandab 5V pinge 3,3V pingeks ning hoiab seda koguaeg konstantsena. [12] Ühtlane vool parandab ka seadme eluiga ja signaali saatmine ei sõltu voolu kõikumisest. Väikese kõikumise vastu aitab kondensaator C1, mis tagab ühtlase voolu edastamise vastuvõtjale (joonis 11).

## 5.2 Ekraani *board Eagle* keskkonnas

Tabloo skeem paigutati kompaktselt, et ekraani taga võtaks võimalikult vähe ruumi, millega tagaks seadme väiksema kubatuuri ja selle abil ka madala omahinna.



**Joonis 12.** Tabloo *board* skeem *Eagle* keskkonnas

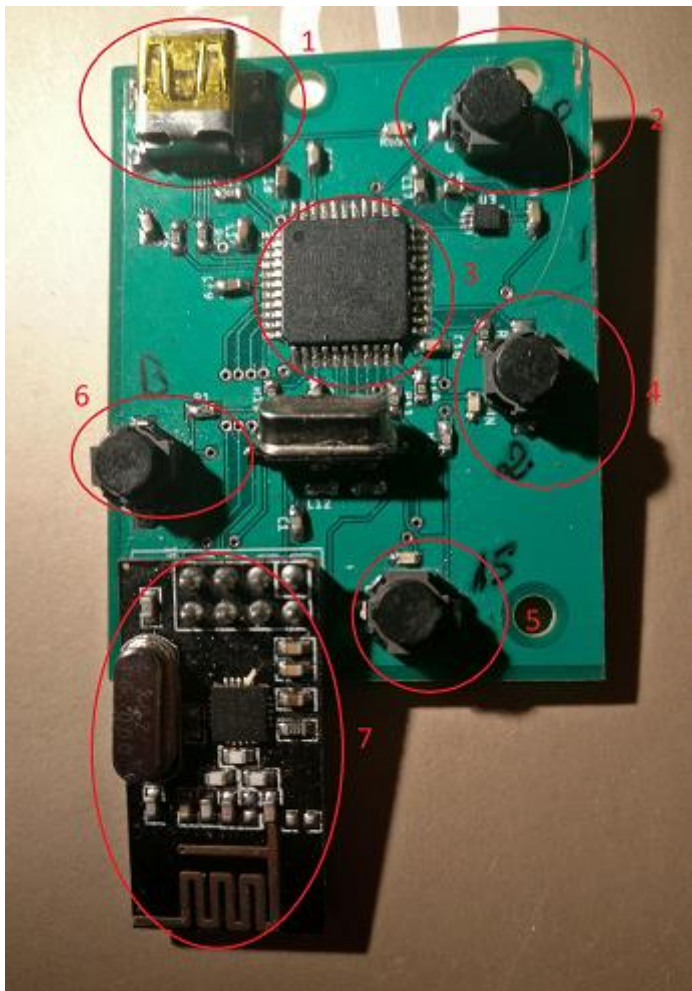
Vastuvõtja ulatub välja põhjusel, et antenni lõpp oleks ilusti ja probleemideta korpusest väljaspool (joonis 12). Selline lahendus peaks tagama signaali kättesaadavuse ja elimineerima tõrked.



## 6 Valmis trükkplaadid

### 6.1 Puldi trükkplaat

Trükkplaat joodeti kokku probleemideta ning seejärel puhastati propanooliga. Propanool puhastab plaadi jootmisjääkidest ning lisaks toob esile halvad jootekohad, mis ei anna ühendust (joonis 13).



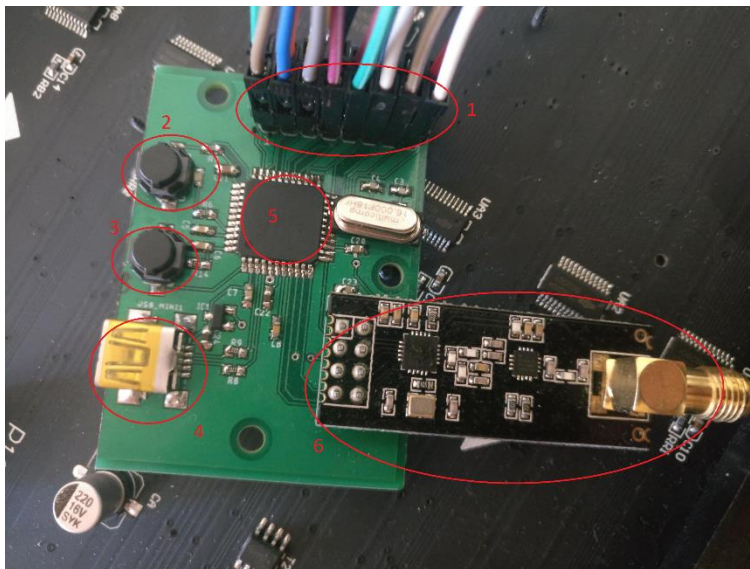
**Joonis 13.** Puldi trükkplaat valmis kujul. 1 – USB Mini *type B*, 2 – *Reset* nupp ja LED indikaator, 3 – Atmega32u4, 4 – 2 minuti nupp koos LED indikaatoriga, 5 – 15 minuti nupp ja LED indikaator, 6 – *Boot* nupp, 7 – NRF moodul (saatja).

Selliseid probleeme ei esinenud ja multimeetriga sai kontrollitud ka kõikide nuppude töötamist ja samuti käis autor üle iga viigu signaali. Selle kontrolliga sai autor kindla

teadmise, et jooted toimisid ning *Eagle* keskkonnas plaati kujundades suuremaid vigu ei tekkinud.

## 6.2 Ekraani trükkplaat

Trükkplaat joodeti kokku probleemideta ning puhastati propanooliga (joonis 14). Ekraani plaat kontrolliti samuti multimeetriga teistkordselt üle, mille käigus viga ei leitud. Ühendades seadme ekraani ja arvutiga, avastas autor ekraani ühenduse viikude vedamises vea. Joonisel on number üks punkti juures näha ekraani ühendust, mis on ühendatud markeerimisjuhtmetega.



**Joonis 14.** Ekraani trükkplaat valmis kujul. 1 – LED ekraani ühendus, 2 – *Reset* nupp ja LED indikaator, 3 – *Boot* nupp, 4 – USB Mini *type B*, 5 – *Atmega32u4*, 6 – NRF moodul koos antenniga (vastuvõtja).

Sellise olukorra põhjustas kahe viigu segamini ajamine, milleks olid B ja CLK viigud. Nimelt peab CLK olema *Atmega32u4* külge ühendatud b porti, kuid autor vedas sinna hoopis B viigu (LISA B). Need viigud vahetati omavahel markeerimisjuhtmetega ning viga oli parandatud.

## **7 Korpuse disain**

### **7.1 Juhtpuldi korpus**

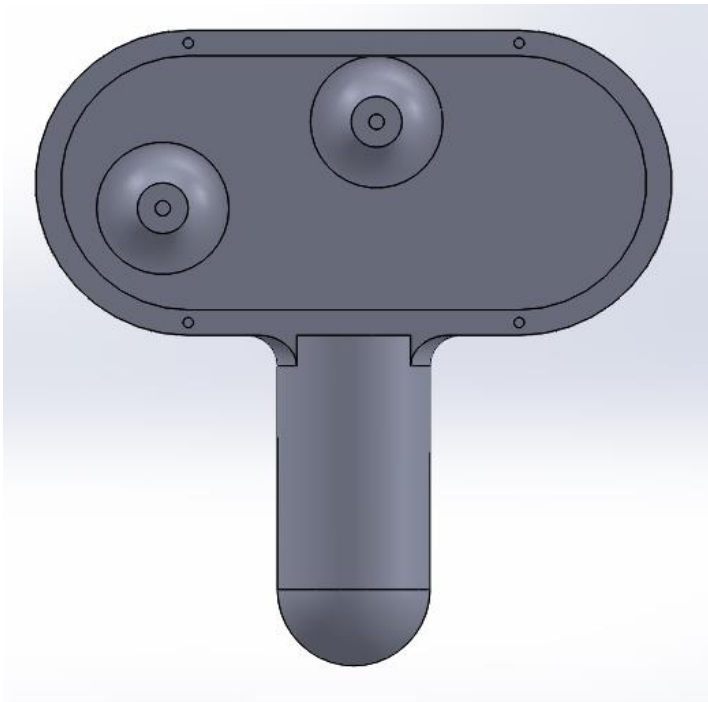
#### **7.1.1 Tehnika ja materjal**

Juhtpuldi korpus pidi etteantud nõuete kohaselt olema mobiilne, veekindel ja mugav kasutada. Trükkplaat toimib patarei toitel, mis täidab Jaagu poolt esitatud esimese nõudmise. Korpuse kujundus peab tagama autori poolt veekindluse ja mugava kasutuse. Antud töös tundus olevat sellise töö jaoks kõige optimaalsem autoril kasutada 3D printerit. 3D printeri kasuks räägivad erinevate kujundite lihtne valmistamine ning kiire ja odav töö. Odav ja kiire võrreldes sellega kui autor peaks käsitööna valmistama vastavalt joonisele metallist, plastikust või pleksiklaasist korpuse. Sellisel teguviisil on eksimise marginaal suur, mis võib lükata projekti valmimise tähtaega edasi. Samuti tuleb ära märkida materjali ökonoomne kasutamine. Kodus kuuris ehitades jääb alles palju jääkprodukti, mis aga 3D printeriga probleemiks pole. Võimalus on valesti läinud detailid uuesti ümber töödelda.

Materjal, millest korpus tuleb, on autori poolt valitud PLA plastik. Selle plastiku kasuks rääkisid tema hea kättesaadavus, hind ning samuti valmis produkti on võimalik vajadusel ka lihvpaberi või muude tööriistadega natukene parendada.

#### **7.1.2 Projekteerimine**

Pult ja selle funktsioonid peavad olema lihtsalt kasutatavad. Selle jaoks mõtles autor välja lihtsa puldi, mille alla lisas ka jala kinni hoidmiseks või asetamiseks. Nimelt on raja piirde tehtud laudisest, mis on kinnitatud metallist torude külge. Autor otsustas seda ära kasutada, ning projekteerida puldi jalg ümaraks. Vajadusel saaks kohtunik puldi asetada aia toru otsa, vältimaks kadumist ja stardiprotseduuri venimist (LISA C).



**Joonis 15.** Puldi korpus

Lisaks peab olema puldi korpuse sees trükkplaadi kinnituskohad, mis suudaks plaati hoida ilusti ühe koha peal (joonis 15). Kaas tehti peale kerge äärisega, et oleks korrektselt ja kindlalt suletud ning peale lisati kolme nupu augukohad: 2 minuti – ja 15 minuti režiim ning *reset*. Lisaks iga nupu alla vajalik sümbol, teadmaks milline nupp mis funktsiooni täidab. Kaas ühendub korpusega äärise abiga ning seejärel kinnitatakse kruvidega, et saada tihe ja veekindel ühenduskoht. Autor on mõelnud ka olukorral kui peaks ikkagi olema olukord, kus selline lahendus ei peaks piisavalt efektiivselt toimima. Nimelt kasutab sellises olukorras nuppude ja ühenduskoha juures kummitihendeid, et tagada parem lõpptulemus.

## **7.2 Ekraani korpus**

### **7.2.1 Materjal ja tehnika**

Korpusel on väga tähtis tema esikülje läbipaistvus ekraani jaoks. Selle jaoks kasutab autor pleksiklaasi, mis on autoril olemas (joonis 16). Antud klaasil on olemas nurgakohad, mis tagavad suurema tolmu ja niiskuskindluse, mida saab autor korpuse ehitusel ära kasutada.

Pleksiklaasi töötlus toimus kodustes tingimustes ning vahenitega mis olemas olid.



**Joonis 16.** Korpuse jaoks kasutatav pleksiklaas

Lõikamiseks kasutas autor maalriteipi joonte tegemiseks ning relakat lõikuste sooritamiseks. Selliste vahenditega saab korpuse ehitatud kuid kvaliteetsema lõikuse saamiseks peaks kasutama laserpinki või mõnda muud täpset lõikeseadet. Antud töös seda kasutada ei saanud kuna eelarve sellist alltööd ei võimaldanud tellida, autor pidi saama hakkama käepäraste vahenditega. Korpuse tihendamiseks ja kinnitamiseks kasutatakse silikooni, millel on kerge elastsus vältimaks tihenduse möranemist ja niiskuskindluse vähenemist.

### **7.2.2 Projekteerimine**

Seadme korpus koosneb esimesest ja tagumisest paneelist ning kahest külje tükist. Esimene paneel on jäetud puutumatuks, et tagada võimalikult hea läbipaistvus LED ekraani jaoks. Tagumisse paneeli puuriti kaks 10mm läbimõõduga auku, millest ülemist kasutatakse antenni välja asetamiseks ning alumist voolujuhtmete sisendina (LISA D). Ekraani kinnituseks kasutatakse distantspolte, vältimaks ekraani liikumist korpuse sees ja seeläbi riistvara kahjustamist.

## 8 Programmeerimine

Mikrokontrolleri kood on kirja pandud Arduino programmeerimiskeeles, mis on mugavdatud ja kergemaks tehtud versioon C++ keelest. Programmeerimine toimus kõik Atmel Studio programmeerimiskeskonnas. Mõlema koodi jaoks kasutas autor NRF mooduli *library*'t ning ekraani koodis oli vaja veel lisaks kasutusele võtta kaks *library*'t ekraani toimima saamiseks (LISA E).

Raadio mooduli tööle saamiseks oli vaja anda NRF mooduli CE ja CSN viikude ühendused Atmega32u4'ga. CE oli ühendatud Atmega viiguga 12 ja CSN viiguga 18 (joonis 17). Samuti oli vaja anda signaali suhtluskanal mis peab olema mõlemal moodulil seadistatud samaks viiekohaliseks arvuks. Selline teguviis peaks autori arvates elimineerima ka kellelgi teisel sattumaks signaali segama ja seadme tööd häirima.

```
RF24 radio(12, 18); // CE, CSN
const byte address[6] = "00001"; // pipe address for modules
```

### Joonis 17. Raadio mooduli seadistamine

Kahe süsteemi omavahel suhtlema saamiseks oli autoril määrata ära saatja ja vastuvõtja. Mõlemad moodulid hakkasid tööle, kui moodulile antav signaal muudeti *high* peale (joonis 17). Vastuvõtjaks seadmiseks oli vaja joonisel olevat alumist lauserida ning saatjaks said mooduli kui alumine rida oli *radio.stopListening();*(LISA E).

```
radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH);
radio.startListening(); // set this instance as a receiver
```

### Joonis 18. Raadiomooduli tööle panek

Teine ülesanne oli autoril pult nupuvajutuse peale saatma panna kaht erinevat signaali. Signaalidele andis autor väärtused 2 ja 5 kuna ühe baidist signaali on seadmetel kõige kiirem ja kergem töödelda, vea marginaal väheneb (joonis 18).

```

void loop() {
    twoMinState = digitalRead(twoMinPin);
    fifteenMinState = digitalRead(fifteenMinPin);
    if (twoMinState == HIGH) { // if PIN 25 is pressed, send signal "2"
        const char text[] = "2";
        radio.write(&text, sizeof(text));
        delay(1000);
    } else if (fifteenMinState == HIGH) { // if PIN 19 is pressed, send signal "5"
        const char text[] = "5";
        radio.write(&text, sizeof(text));
        delay(1000);
    }
}
}

```

### Joonis 19. Puldi signaali välja saatmine nupule vajutamise peale

Autoril koodiga suuri probleeme ei esinenud kui sai seadme ülesehituse enda jaoks selgeks. Nimelt tahtis autor vale nupu vajutuse korral ekraani välja lülitada *reset* nupule vajutamisega. Trükkplaadi *reset* nupp teeb ainult plaadile *reset*’i ning sellega *reset* signaali välja saata ei ole võimalik. Siin tegi autor vea ning hetkel parandada pole võimalik, see peaks toimuma arendamise käigus magistrantuuris.

## KOKKUVÕTE

Antud töö eesmärk oli projekteerida kaugjuhtiva Speedway ajanäitamise süsteem mis koosneks puldist ja ekraanist ning suhtleks omavahel raadiosageduse kaudu.

Peatükis 1 tutvustas autor spordiala Speedway tausta, et oleks lihtsam aru saada mille jaoks selline seade ehitatakse ning kuidas seda kasutatakse võistlustel. Samuti lisati võistluse ülesehitus ja masinate lühitutvustus.

Peatükis 2 uuris autor tellija nõudeid seadmele, millest valmistamisel lähtuda. Teoreetilises pooles pandi paika seadme kontseptsioon ning tööpõhimõtted puldile ja ekraanile. Samuti tegi autor turu-uuringu ning tõi välja ka alternatiivsed võimalused seadme ehitamiseks ning nendega seonduvad kulutused või hinnad.

Peatükis 3 otsis autor antud projekti jaoks vajalikud riisvaralised komponendid – Atmega32u4, LED ekraan 16x32 punkti, NRF raadiomoodulid, LDO *voltage regulator*, DC/DC *converter*. Antud komponentide kohta tegi autor lühitutvustuse ja rääkis tööpõhimõttest, lõpetuseks lisas ka tabeli koos kõigi riistvaraliste seadete hindadega.

Peatükis 4 kavandas autor juhtpuldi trükkplaadi *Eagle* keskkonnas. Valmistamisel lähtus autor tellija poolsete nõudmistega ning vajadusest teha kompaktne trükkplaat, et pult ei muutuks disainilt ebamugavaks ja mitte kasutajasõbralikuks. Skeemi juures tõi autor välja vajalikud viigud ning seletas kuhu miski on ühendatud ja plaadil asetatud.

Peatükis 5 kavandas autor ekraani trükkplaadi *Eagle* keskkonnas. Valmistamisel lähtus autor tellija poolsete nõudmistega ning kompaktsuse printsiibist. Samuti pidi autor jälgima ühilduvust LED ekraaniga ning vajaliku voolu hulka kuna mõned detailid on voolutundlikud.

Peatükis 6 näitab autor kuidas trükkplaat ja komponendid plaadil välja näevad ning samuti toob välja ka leitud vead. Autor toob välja ka komponentide asukohad trükkplaadil.



Peatükis 7 asus autor disainima puldi ja ekraani korpust *SolidWorks* keskkonnas. Autor pani suurt rõhku tellija poolsele nõudele, et korpused peavad olema veekindlad kuna võistlus kus seadet kasutatakse peetakse välitingimustes ja seega peab olema ilmastiku ja tolmu vastu kaitstud. Puldi korpuse materjaliks valis autor PLA plastiku, mida kasutatakse 3D printimisel ning ekraani korpuse valmistamiseks kasutati pleksiklaasi. Pleksiklaas on nimelt läbipaistev ning sobib seetõttu ekraaniks väga hästi.

Peatükis 8 kirjutas autor seadmetele tarkvaralist poolt ehk koodi. Kood kirjutati *Atmel* keskkonnas keeles C++. Autor toob välja põhilised laused koodist, mis seadme panevad sedasi tööle nagu tellija nõudis ning samuti näitab ära ka keerulisemad kohad, millega tekkisid kõige suuremad ja ajakulukamad probleemid.

Seade sai projekteeritud vastavalt sissejuhatuses ja teises peatükis esitatud nõudmistele. Valmis ka seadme prototüüp, mis jäi poolikuks programmi testimise näol. Valmisid puldi ja ekraani trükkplaadid, korpused ning osaline programmi kood. Koodi abil pidid seadmed omavahel suhtlema raadiosageduse kaudu umbes 60 meetriselt distantstilt. Seadet on võimalik edasi arendada koodi kirjutamises abil, samuti teha valmis seadmele tootmise jaoks vajalik aruandlus, et hakata tootma suuremaid koguseid.

## KIRJANDUSE LOETELU

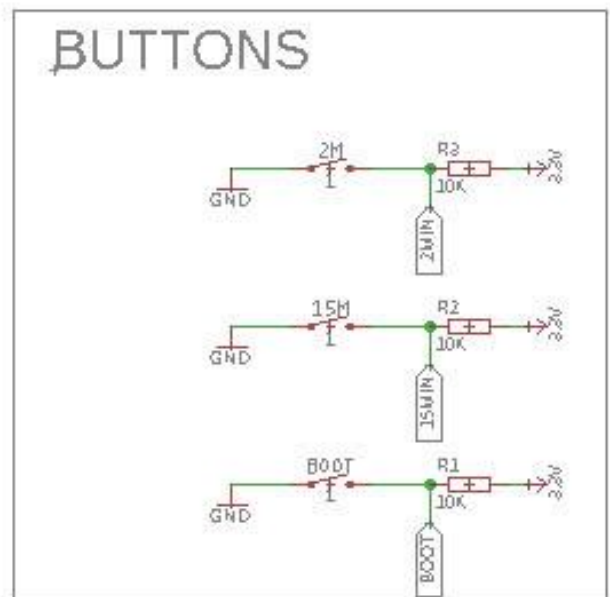
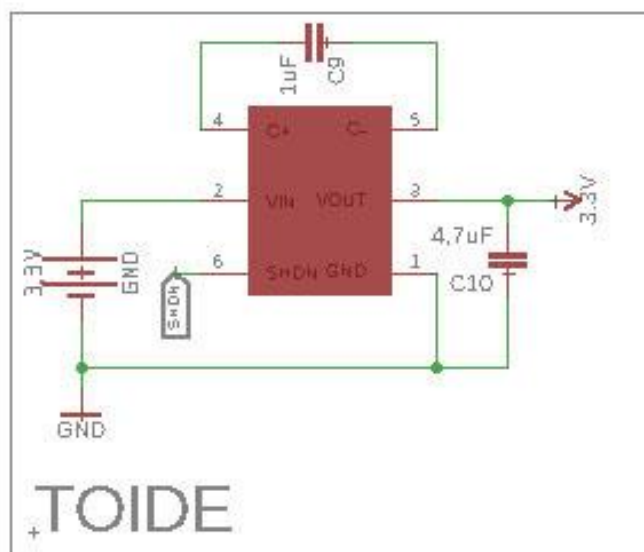
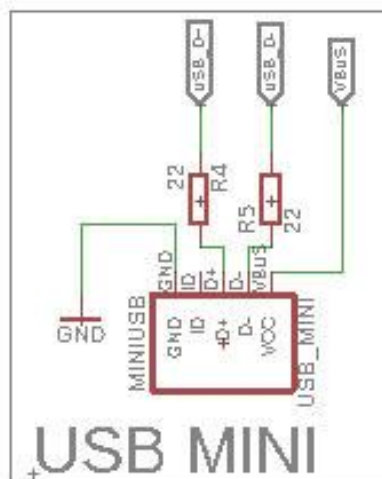
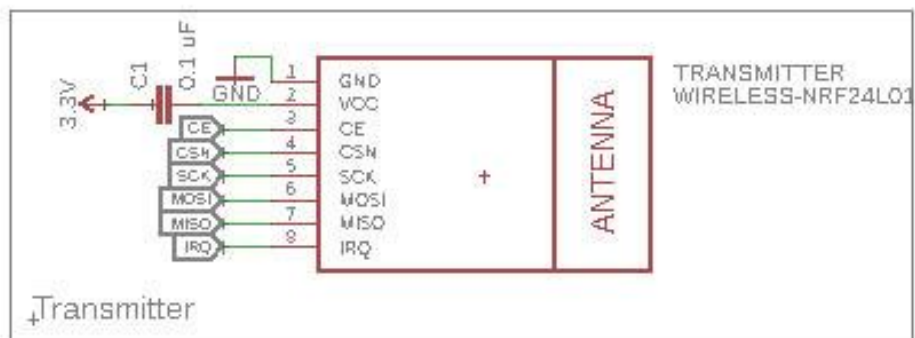
- [1] „Eesti spordiregister,“ 27.02.2017.  
[https://www.spordiregister.ee/et/organisatsioon/1540/motoklubi\\_ranna\\_speedway](https://www.spordiregister.ee/et/organisatsioon/1540/motoklubi_ranna_speedway).  
[Kasutatud 01.03.2018].
- [2] Wikipedia, „Motorcycle speedway,“ 06.02.2018.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle\\_speedway#Racing](https://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle_speedway#Racing). [Kasutatud 14.03.2018].
- [3] S. Pihelgas, „IP-koodi standard,“ 01.03.2017. [https://wiki.itcollege.ee/index.php/IP-koodi\\_standard](https://wiki.itcollege.ee/index.php/IP-koodi_standard). [Kasutatud 19.03.2018].
- [4] Oomipood, „Tabloo RGB 16x32 punkti 160x320mm,“  
[https://www.oomipood.ee/product/p10\\_rgb\\_led\\_tabloo\\_rgb\\_16x32\\_punkti\\_160x320mm](https://www.oomipood.ee/product/p10_rgb_led_tabloo_rgb_16x32_punkti_160x320mm).  
[Kasutatud 19.03.2018].
- [5] Hestifor, „Led Center,“ <http://www.ledcenter.ee/et>. [Kasutatud 15.03.2018].
- [6] Oomipood, „Teensy 2.0 arendusplaat AtMega32U4,“  
[https://www.oomipood.ee/product/teensy\\_2\\_0\\_teensy\\_2\\_0\\_arendusplaat\\_atmega32u4](https://www.oomipood.ee/product/teensy_2_0_teensy_2_0_arendusplaat_atmega32u4).  
[Kasutatud 19.03.2018].
- [7] Oomipood, „Maketeerimislaud,“  
[https://www.oomipood.ee/product/mb102\\_400\\_maketeerimislaud\\_mb\\_102\\_400\\_punkti](https://www.oomipood.ee/product/mb102_400_maketeerimislaud_mb_102_400_punkti).  
[Kasutatud 19.03.2018].
- [8] Oomipood, „Maketeerimislauda juhtmete komplekt,“  
[https://www.oomipood.ee/product/brdb\\_jump\\_maketeerimislauda\\_juhtmete\\_komplekt\\_65tk](https://www.oomipood.ee/product/brdb_jump_maketeerimislauda_juhtmete_komplekt_65tk).  
[Kasutatud 19.03.2018].
- [9] Banggood, „5V To 3.3V DC-DC Step Down Power Supply,“ [https://www.banggood.com/5V-To-3\\_3V-DC-DC-Step-Down-Power-Supply-Buck-Module-AMS1117-800MA-p-933674.html?cur\\_warehouse=CN](https://www.banggood.com/5V-To-3_3V-DC-DC-Step-Down-Power-Supply-Buck-Module-AMS1117-800MA-p-933674.html?cur_warehouse=CN). [Kasutatud 19.03.2018].
- [10] Atmel, „ATMEGA32U4-AU - 16MHz 8bit megaAVR Microcontroller,“ Atmel, 09.2014.  
[http://www.farnell.com/datasheets/2295883.pdf?\\_ga=2.67480977.1080232292.1521102832-1576450855.1519037895](http://www.farnell.com/datasheets/2295883.pdf?_ga=2.67480977.1080232292.1521102832-1576450855.1519037895). [Kasutatud 19.03.2018].

- [11] Adafruit, „32x16 and 32x32 RGB LED Matrix,“ Adafruit, 04.05.2015.  
<https://learn.adafruit.com/32x16-32x32-rgb-led-matrix/overview>. [Kasutatud 19.03.2018].
- [12] I. Group, „Juhtmevaba moodul NRF24L01+PA+LNA,“  
<https://www.ittgroup.ee/et/juhtmevaba-side-moodulid/726-juhtmevaba-moodul-nrf24l01palna.html>. [Kasutatud 19.03.2018].
- [13] N. Semiconductor, „NRF24L01 moodul 2.4GHz 1.9-3.6V,“ Nordic Semiconductor, 09.2008.  
[https://www.oomipood.ee/product/nrf24l01\\_nrf24l01\\_moodul\\_2\\_4ghz\\_1\\_9\\_3\\_6v?q=nrf24l01](https://www.oomipood.ee/product/nrf24l01_nrf24l01_moodul_2_4ghz_1_9_3_6v?q=nrf24l01). [Kasutatud 19.03.2018].
- [14] M. Technology, „Farnell,“ Microchip, 09.2016. <http://ee.farnell.com/microchip/mcp1700t-3302e-tt/ic-v-reg-ldo-250ma-smd-sot-23/dp/1296592?st=MCP1700T-3302E/TT>. [Kasutatud 19.03.2018].
- [15] L. Technology, „Farnell,“ Linear Technology, 2006. <http://ee.farnell.com/linear-technology/ltc3240edc-3-3-trmpbf/dc-dc-conv-3-3v-stp-d-up-6dfn/dp/1715233?st=ltc%203240>. [Kasutatud 19.03.2018].
- [16] M. Technology, „Atmega328P,“ Microchip Technology, 26.02.2018.  
<http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328p>. [Kasutatud 20.03.2018].

**LISAD**

**LISA A**

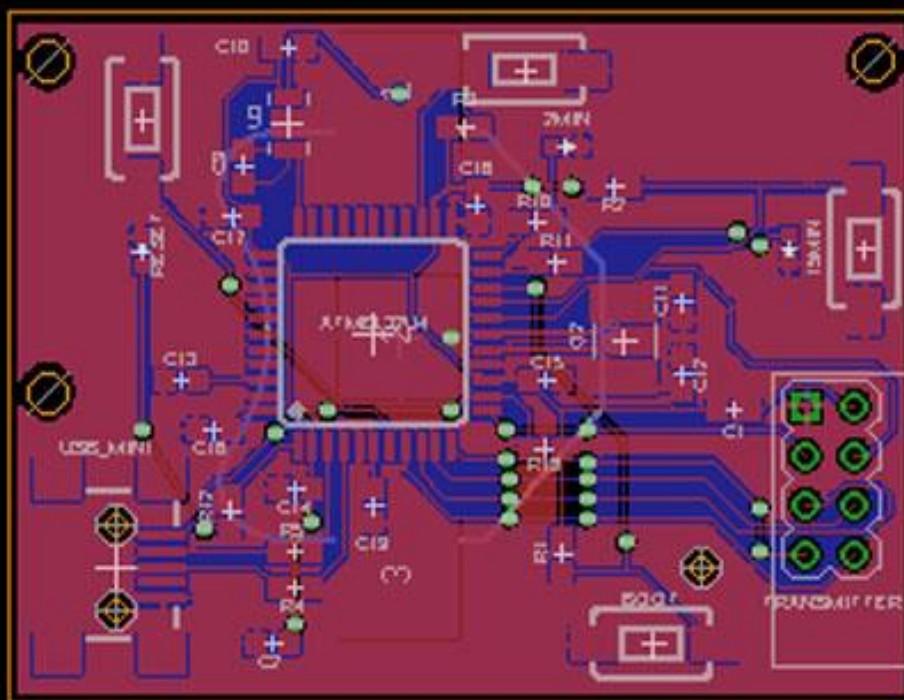




Tellija:		Objekt, seade:	
Kriitiline		Puldi trükkplaat	
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus:	
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht: 2/5	Tõhis: TN 18/140441 A 01 01 S

Atmel	Atmega 32u4-AU	1	
Q2	Kristall, 16 MHz	1	
C13-17	Kondensaatorid, 100 nF	5	
C2,9,19	Kondensaator, 1uF	3	
RESET	LED valgusti	1	
RES	Tactile switch	1	
BOOT	Tactile switch	1	
C18	Kondensaator, 10 uF	1	
C11,12	Kondensaatorid kristallile, 18 pF	2	
R1-3	Takisti, 10 kOhm	3	
R4,5	Takisti, 22 Ohm	2	
C1	Kondensaator, 0,1 uF	1	
U3	Step-Up converter	1	
NRF24	Signaali saatja	1	
C10	Kondensaator, 4,7 uF	1	
BTY	Patarei, 3,3V	1	
2MIN	LED valgusti	1	
15MIN	LED valgusti	1	
2M	Tactile switch	1	
15M	Tactile switch	1	
USB	USB_MINI	1	
R10-13	Takisti, 10 kOhm	4	
<i>Tähis:</i>	<i>Nimetus:</i>	<i>Hulk:</i>	<i>Märkus:</i>
<i>Tellija:</i>		<i>Objekt, seade:</i>	
		<i>Puldi trükkplaat</i>	
<i>Teostas</i>	<i>Kristjan Metsis</i>	<i>Nimetus:</i>	
<i>Kontrollis</i>	<i>Janar Kalder</i>		
<i>Kinnitas</i>	<i>Janar Kalder</i>		
<i>EMÜ TS-TN</i>		<i>Leht:</i> 3/5	<i>Tähis:</i> <i>TN 18/140441 A.01.02.S</i>

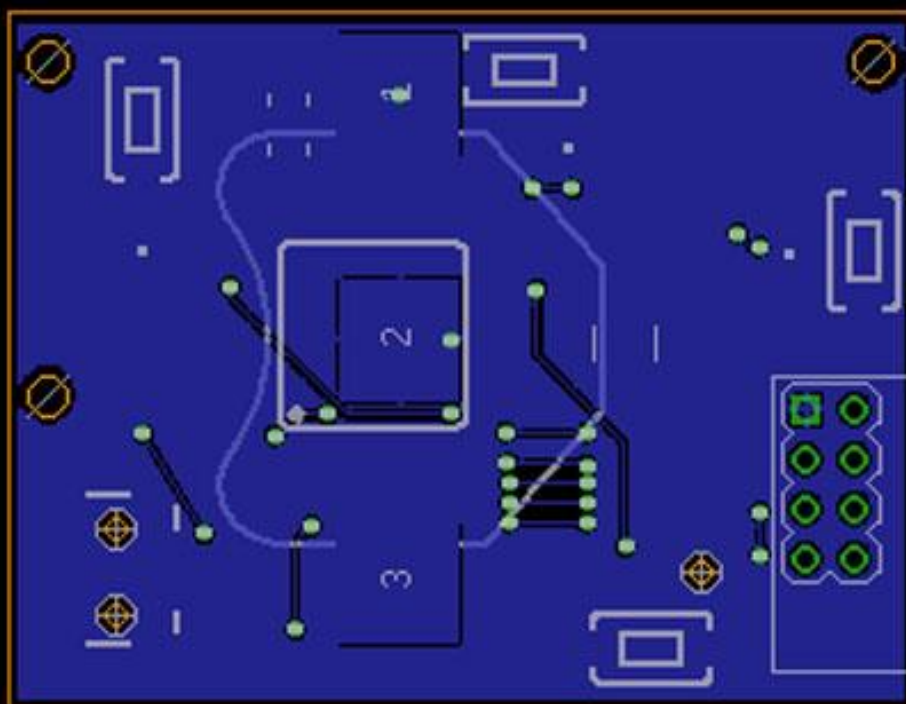




+

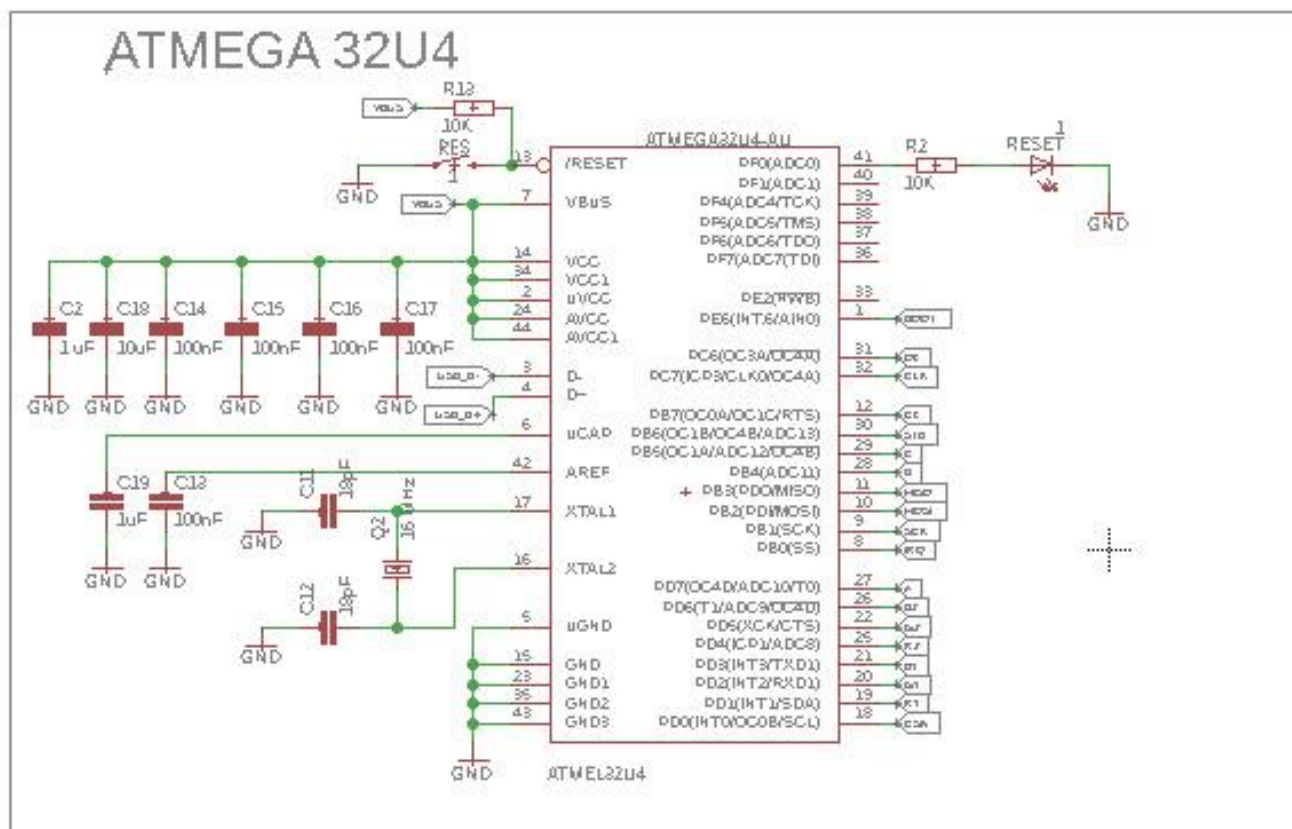
ANTENNA

Tellija:		Objekt, seade:	
		Puldi trükkplaadi board	
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus:	Trükkplaadi board pealt vaates
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht: 4/5	Tõhis: TN 18/140441 A 01 03 S

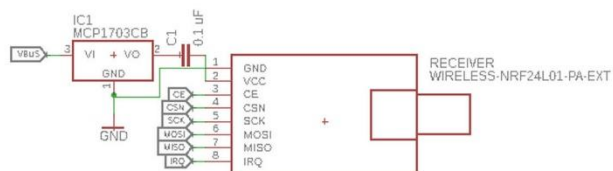


Tellija:		Objekt, seade:	
		Puldi trükkplaadi board	
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus:	
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht:	Tähis:
		5/5	TN 18/140441 A 01 04 S

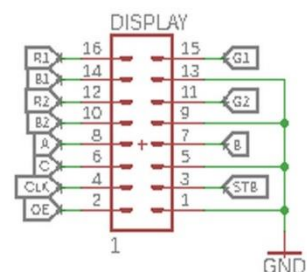
**LISA B**



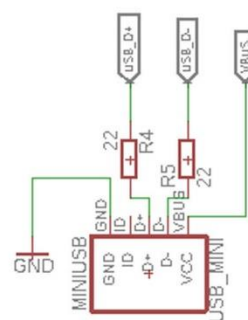
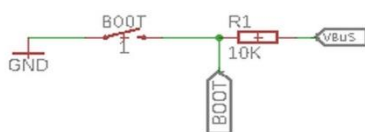
Tellija:		Objekt, seade:	
		Ekraani trükkplaat	
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus:	Atmega 32u4 ühendused
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht:	Tähis:
		1/5	TN 18/140441 B 01 00 S



Receiver



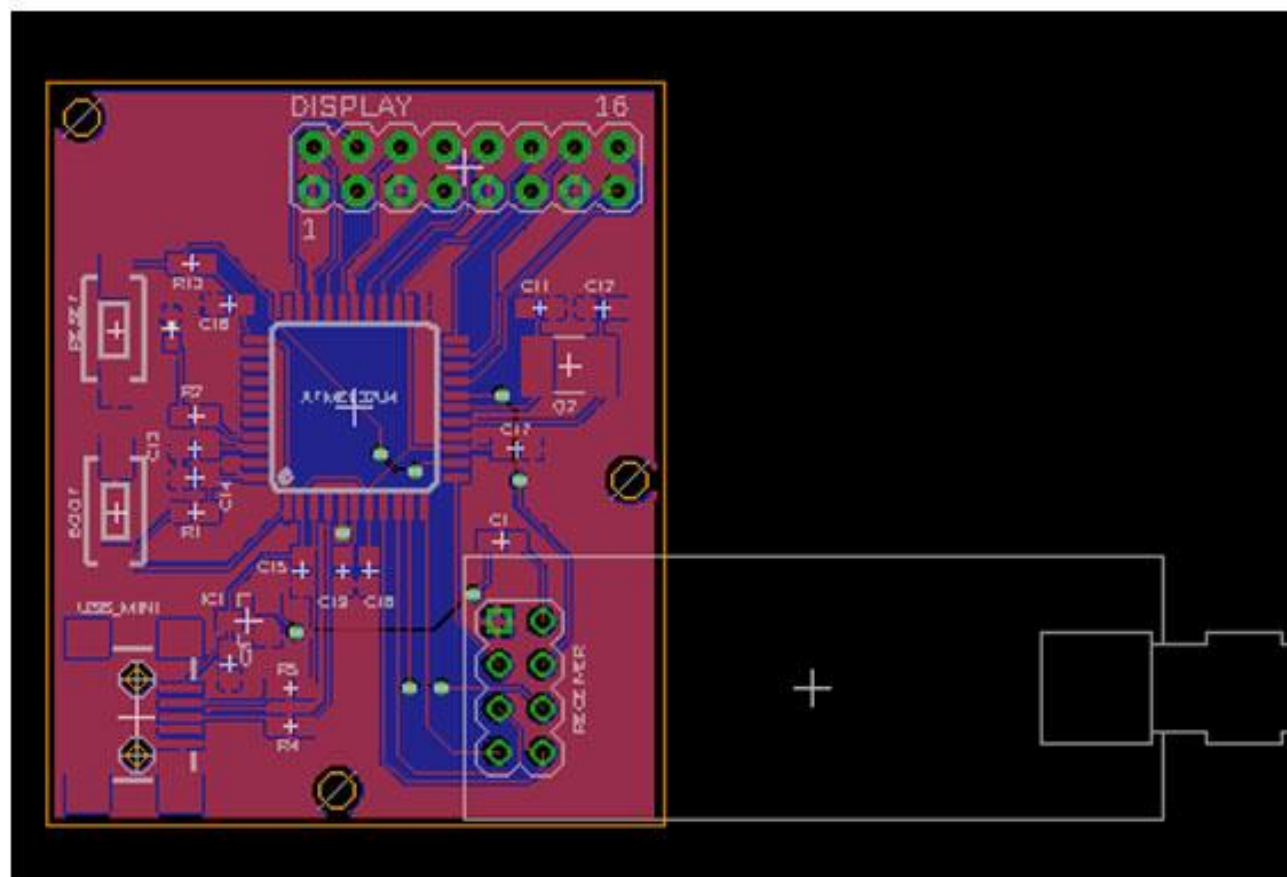
DISPLAY



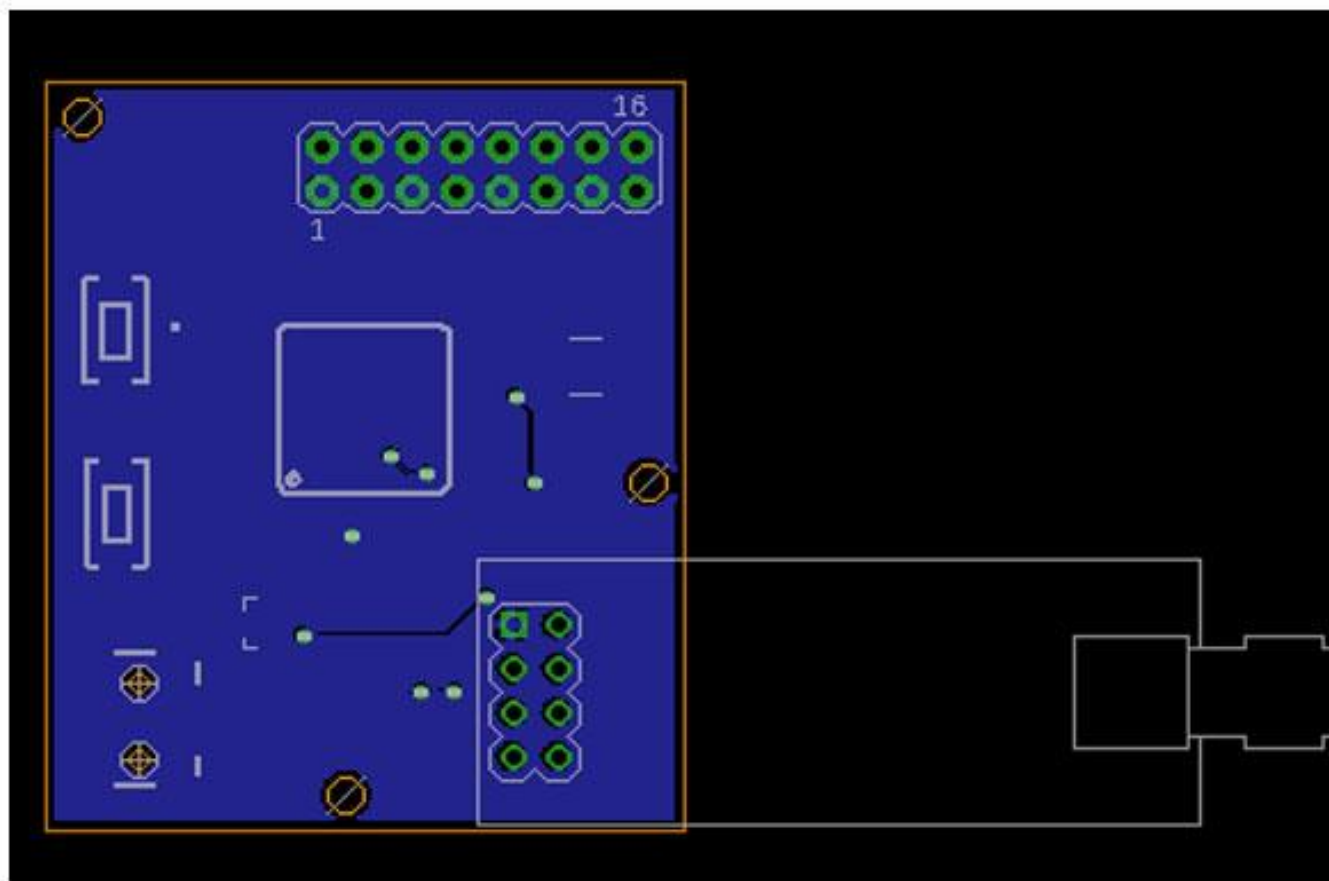
USB MINI

Tellija:		Objekt, seade:	
		Ekraani trükkplaat	
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus:	
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht:	Tähis:
		2/5	TN 18/140441 B 01 01 S

Atmel	Atmega 32u4-AU	1	
Q2	Kristall, 16 MHz	1	
C13-17	Kondensaatorid, 100 nF	5	
C2,19	Kondensaator, 1uF	2	
RESET	LED valgusti	1	
RES	Tactile switch	1	
BOOT	Tactile switch	1	
C18	Kondensaator, 10 uF	1	
C11,12	Kondensaatorid kristallile, 18 pF	2	
R1,2,13	Takisti, 10 kOhm	3	
R4,5	Takisti, 22 Ohm	2	
C1	Kondensaator, 0,1 uF	1	
IC1	Step-Down converter	1	
NRF24	Signaali vastuvõtja	1	
USB	USB_MINI	1	
<i>Tähis:</i>	<i>Nimetus:</i>	<i>Hulk:</i>	<i>Märkus:</i>
<i>Tellija:</i>		<i>Objekt, seade:</i>	
		<i>Ekraani trükkplaat</i>	
<i>Teostas</i>	<i>Kristjan Metsis</i>	<i>Nimetus:</i>	
<i>Kontrollis</i>	<i>Janar Kalder</i>		
<i>Kinnitas</i>	<i>Janar Kalder</i>		
<i>EMÜ TS-TN</i>		<i>Leht:</i> 3/5	<i>Tähis:</i> <i>TN 18/140441 B 01 02 S</i>



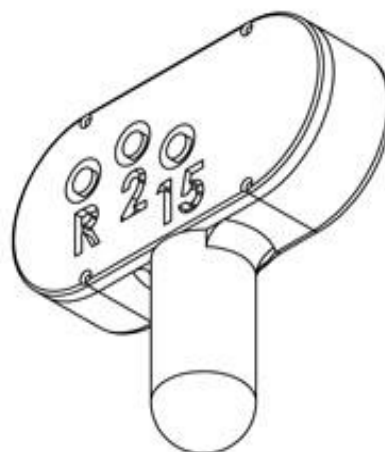
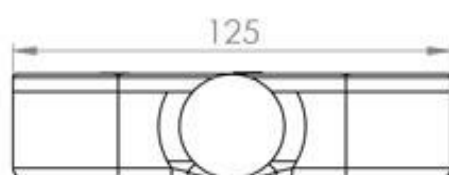
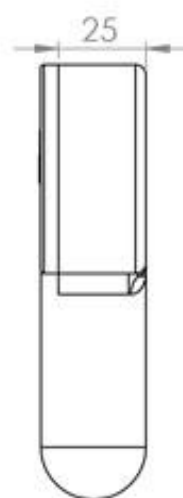
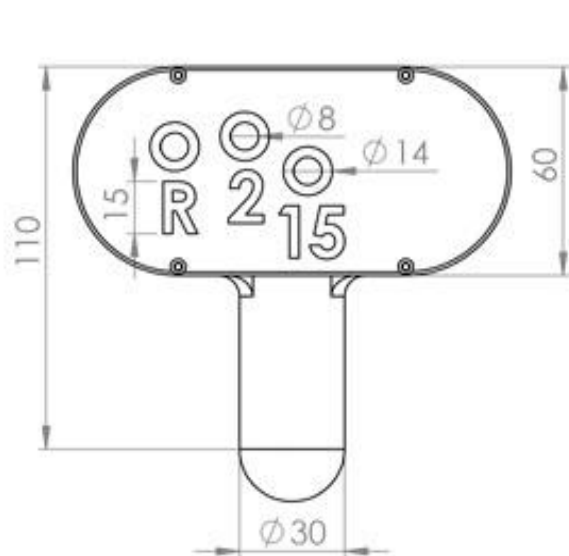
Tellija:		Objekt, seade:	
		Ekraani trükkplaadi board	
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus:	Trükkplaadi board pealt vaates
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht: 4/5	Tähis: TN 18/140441 B 01 03 S



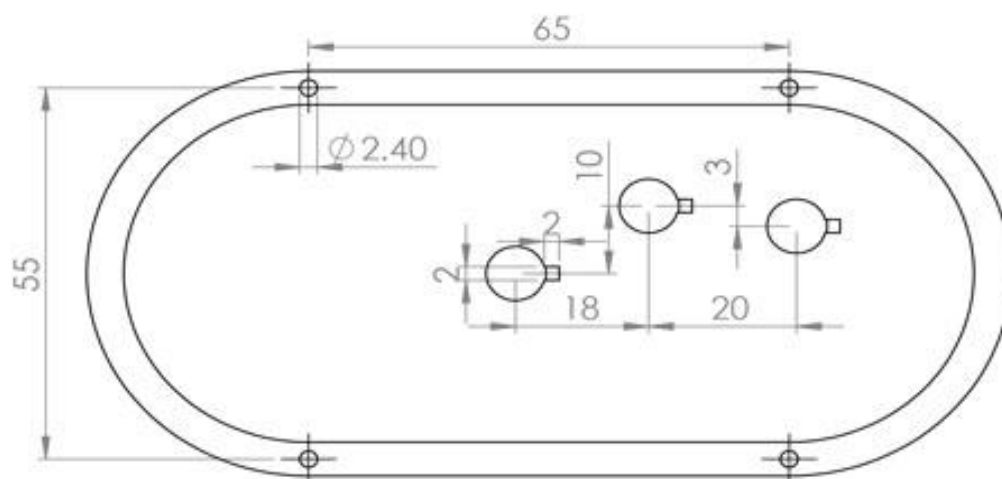
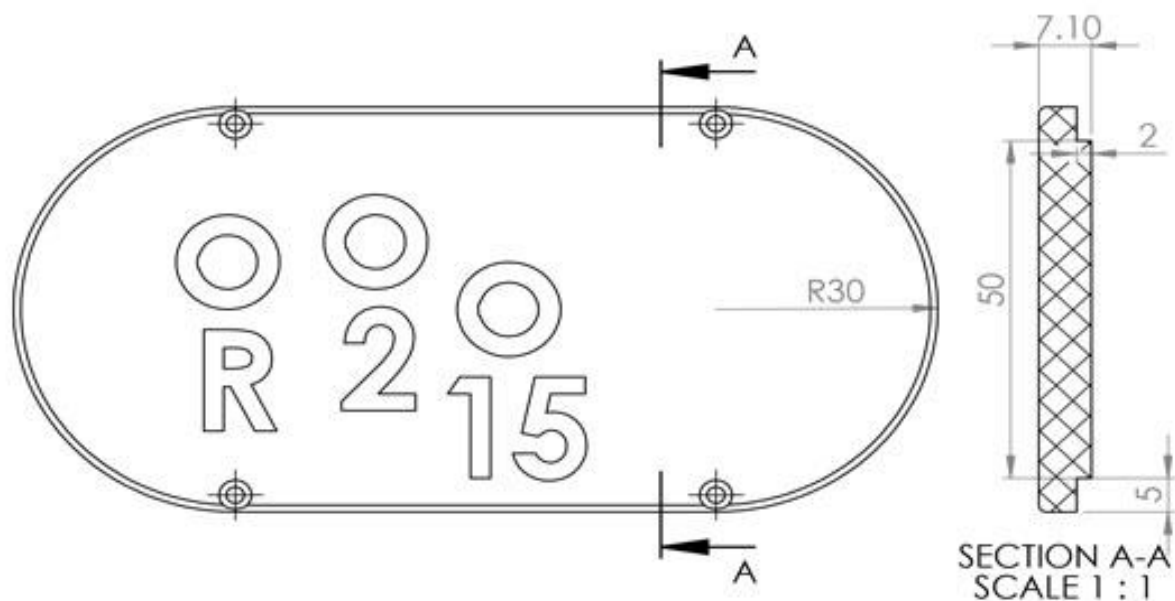
Tellija:		Objekt, seade:	
		Ekraani trükkplaadi board	
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus:	Trükkplaadi board alt vaates
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht: 5/5	Tähis: TN 18/140441 B 01 04 S



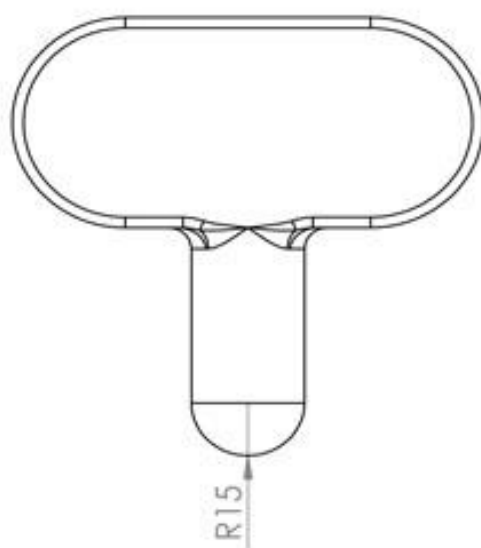
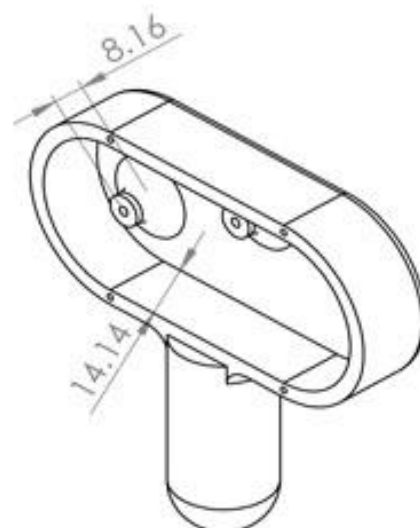
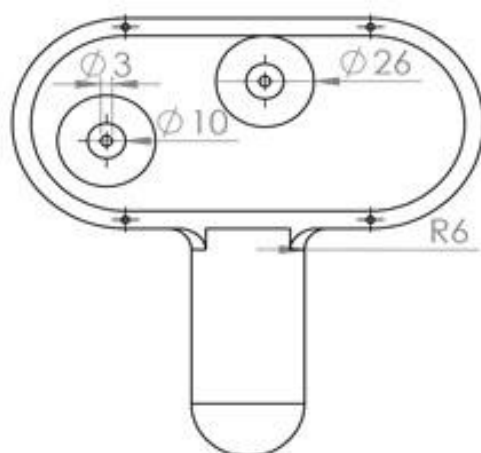
**LISA C**



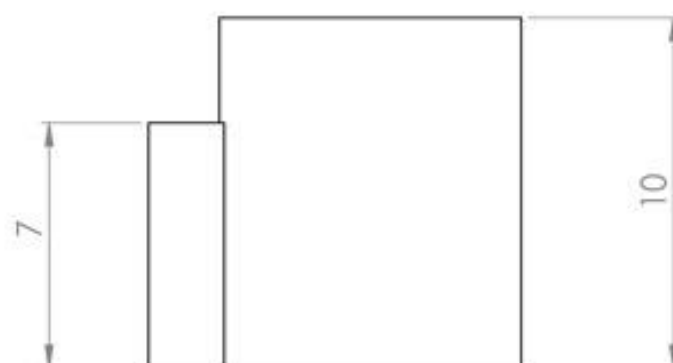
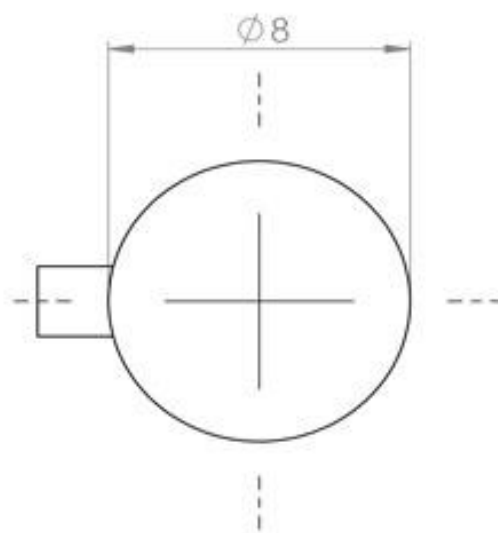
	<b>Materjal:</b> ABS plastik	<b>Näitamata pühälbed:</b> ISO 2768-m	<b>Mass:</b> 155,72	<b>Mõõt:</b> 1:2
<b>Teostas</b>	Kristjan Metsis	<b>Nimetus:</b> Puldi korpus		
<b>Kontrollis</b>	Janar Kalder			
<b>Kinnitas</b>	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		<b>Leht:</b> 1/4	<b>Tähis:</b> TN 18/140441 C 01 00 K	



	Materjal: ABS plastik	Näitamata piirhálbed: ISO 2768-m	Mass: 43,19	Mööd: 1:1
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus:  Puldi kaas		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 2/4	Tähis: TN 18/140441 C 01 01 D	

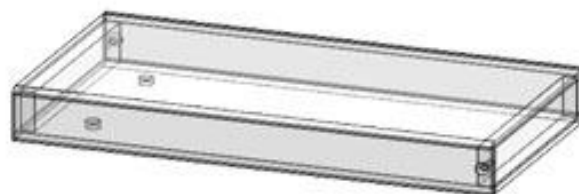


	Materjal: ABS plastik	Näitamata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass: 110,91	Mööd: 1:2
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus:  Puldi korpuse tagumine pool		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 3/4	Tähis: TN 18/140441 C 01 02 D	

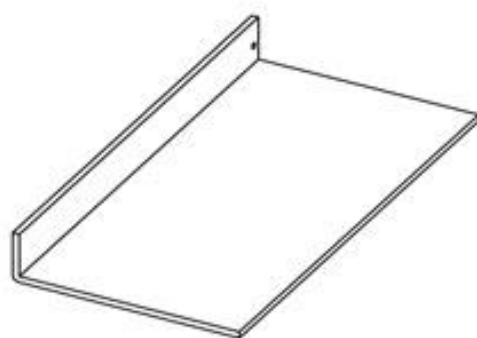
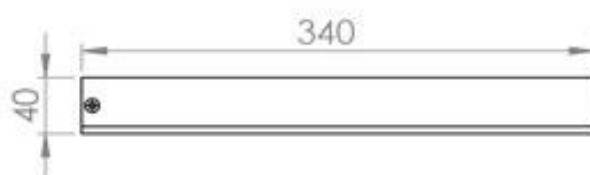


	Materjal: ABS plastik	Näitamata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass: 0,54	Mööd: 5:1
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus:  Puldi nupp		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 4/4	Tähis: TN 18/140441 C 01 03 D	

**LISA D**

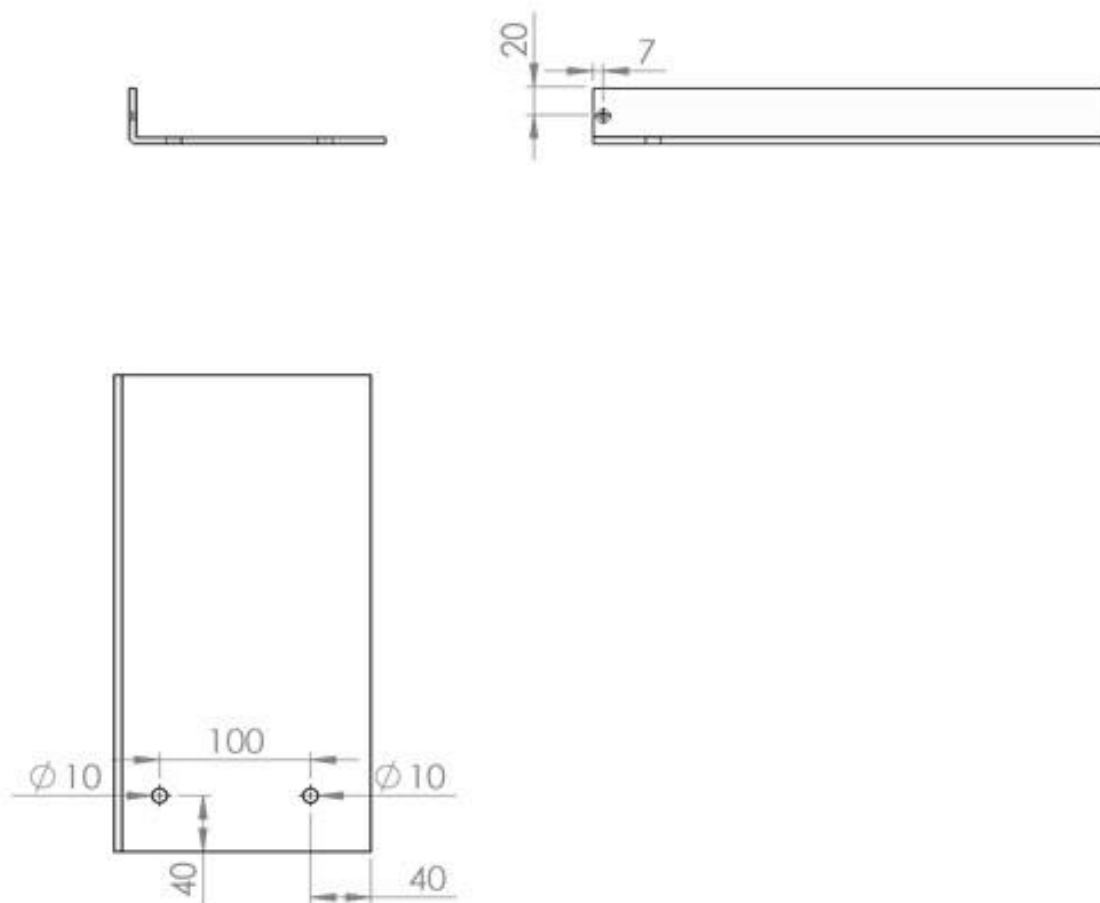


	Materjal: Pleksiklaas	Näitamata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass: 946,59	Mööd: 1:5
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus: Ekraani korpus		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/4	Tähis: TN 18/140441 D 01 00 K	

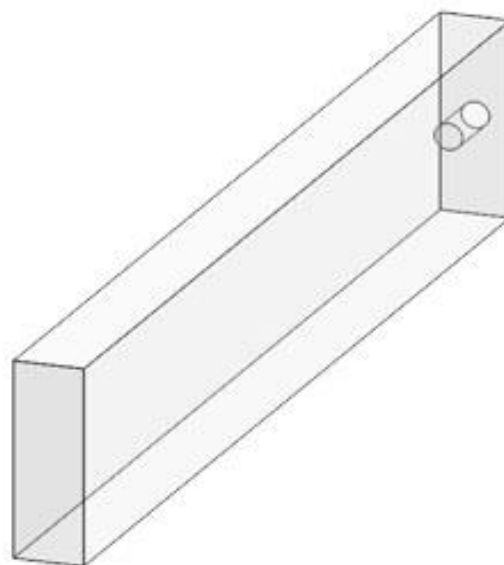
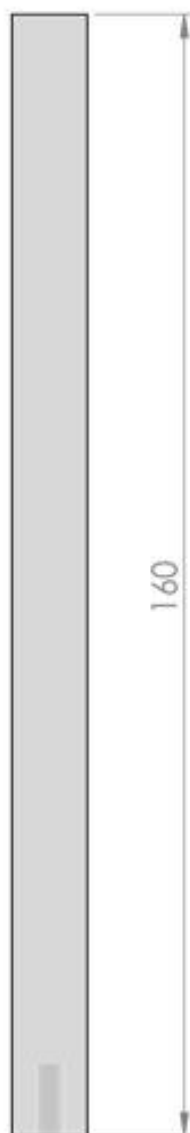
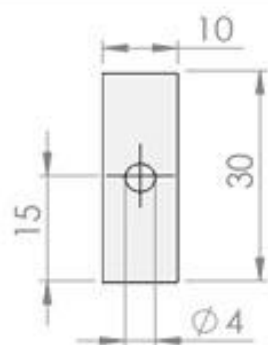


	Materjal: Pleksiklaas	Näitamata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass: 415,85	Mööd: 1:5
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus: Display ekraan		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 2/4	Tähis: TN 18/140441 D 01 01 D	





	Materjal: Pleksiklaas		Näitamata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass: 415,85	Mööd: 1:5
Teostas	Kristjan Metsis	Nimetus: Display tagus			
Kontrollis	Janar Kalder				
Kinnitas	Janar Kalder				
EMÜ TS-TN		Leht: 3/4	Tähis: TN 18/140441 D 01 02 D		



	Materjal: <i>Pleksiklaas</i>	Näitamata piirhálbed: <i>ISO 2768-m</i>	Mass: <i>57,45</i>	Mõõt: <i>1:1</i>
<i>Teostas</i>	<i>Kristjan Metsis</i>	<i>Nimetus:</i>  <i>Display külg</i>		
<i>Kontrollis</i>	<i>Janar Kalder</i>			
<i>Kinnitas</i>	<i>Janar Kalder</i>			
<i>EMÜ TS-TN</i>		<i>Leht:</i> <i>4/4</i>	<i>Tähis:</i> <i>TN 18/140441 D 01 03 D</i>	

**LISA E**

LISA E. Puldi trükkplaadi kood Atmel keskkonnas.

```
#include <Arduino.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <printf.h>
#include <RF24.h>
#include <RF24_config.h>
#include <SPI.h>

RF24 radio(12, 18); // CE, CSN

const int twoMinPin = 25;
const int fifteenMinPin = 19;

const byte address[6] = "00001"; // pipe address for modules

int twoMinState = 0;
int fifteenMinState = 0;

void setup() {
    pinMode (twoMinPin, INPUT);
    pinMode (fifteenMinPin, INPUT);
    radio.begin();
    radio.openWritingPipe(address);
    radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH);
    radio.stopListening(); // set this instance as a transmitter
}

void loop() {
    twoMinState = digitalRead(twoMinPin);
    fifteenMinState = digitalRead(twoMinPin);
    if (twoMinState == HIGH) { // if PIN 25 is pressed, send signal "2"
        const char text[] = "2";
        radio.write(&text, sizeof(text));
        delay(1000);
    }
}
```

LISA E. Puldi trükkplaadi kood Atmel keskkonnas (jätk).

```
    } else if (fifteenMinState == HIGH) { // if PIN 19 is pressed, send signal "5"  
        const char text[] = "5";  
        radio.write(&text, sizeof(text));  
        delay(1000);  
    }  
}
```

LISA E. Ekraani trükkplaadi kood Atmel keskkonnas.

```
#include <Arduino.h>
```

```
#include <gamma.h>
```

```
#include <RGBmatrixPanel.h>
```

```
#include <Adafruit_GFX.h>
```

```
#include <Adafruit_SPITFT.h>
```

```
#include <Adafruit_SPITFT_Macros.h>
```

```
#include <gfxfont.h>
```

```
#include <nRF24L01.h>
```

```
#include <printf.h>
```

```
#include <RF24.h>
```

```
#include <RF24_config.h>
```

```
#include <SPI.h>
```

```
RF24 radio(12, 18); // CE, CSN
```

```
const byte address[6] = "00001"; // pipe address for modules
```

```
void timer(int timerLength) {
```

```
    int minutes = timerLength;
```

```
    int seconds = 0;
```

```
    while(true) {
```

```
        String minutesAsString = "";
```

```
        String secondsAsString = "";
```

```
        if(minutes < 10) {
```

```
            minutesAsString = "0" + minutes; // add 0 for nicer formatting
```

```
        } else {
```

```
            minutesAsString = minutes;
```

```
        }
```

```
        if(seconds < 10) {
```

```
            secondsAsString = "0" + seconds; // add 0 for nicer formatting
```

```
        } else {
```

```
        secondsAsString = seconds;
    }
    String combinedTime = minutesAsString + ":" + secondsAsString;
    Serial.print(combinedTime); // print time to screen
    if(minutes == 0 && seconds == 0 ){
        break; // break loop if timer has ended
    }
    seconds --;
    if(seconds < 0) {
        minutes -= 1; // reduce minutes by one
        seconds = 59; // set seconds back to 59
    }
    delay(1000); // wait for 1 second and repeat
}
}

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    radio.begin();
    radio.openReadingPipe(0, address);
    radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH);
    radio.startListening(); // set this instance as a receiver
}

void loop() {
    if (radio.available()) { // if there is an input from transmitter
        char text[1] = "";
        radio.read(&text, sizeof(text)); // read input
        String action = text;
        if(action == "2") { // if input is 2, start 2 min counter
            timer(2);
        } else if(action == "5") { // if input is 15, start 15 min counter
```

LISA E. Ekraani trükkplaadi kood Atmel keskkonnas (jätk).

```
        timer(15);  
    }  
}  
}
```



**LIHTLITSENT**

Mina, \_\_\_\_\_,

(*autori nimi*)

sünniaeg \_\_\_\_\_,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_,  
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on \_\_\_\_\_,  
(*juhendaja(te) nimi*)

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

- 2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
- 3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(*allkiri*)

Tartu, \_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

---

### **Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)